Transport Canada
Transports Canada

Development
Développement

TP 4057E

Study of Asphalt Cement Additives and Extenders

Summary Report

Prepared for

Transportation Development Centre of Transport Canada

and

Roads and Transportation Association of Canada

January 1983

CA1
DTC 801
83
S71
c.2

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSLA)
RECEIVED – REÇU LE
JUIN 14 1983
Transport Canada / Transports Canada

TP 4057E

STUDY OF ASPHALT CEMENT ADDITIVES AND EXTENDERS

SUMMARY REPORT

Roads and Transportation Association of Canada
1765 St. Laurent Boulevard
OTTAWA, Ontario

Transportation Development Centre
1000 Sherbrooke Street West
MONTREAL, Quebec

Prepared by

Pavement Management Systems Limited
R.R. #1, Paris, Ontario N3L 3E1

January, 1983

Egalement disponible en français

PROJECT TEAM:

The project team for Pavement Management Systems Limited was composed of:

Ralph Haas, Ph.D., P.Eng.
Elaine Thompson, Ph.D.
Frank Meyer, Ph.D., P.Eng.
C. Robert Tessier, Msc., ing.
Thomas W. Kennedy, Ph.D.
Blair McArthur
and others

The contents of this report reflect the views of the contractor and not necessarily the official views or policies of the Transportation Development Centre of Transport Canada or the Roads and Transportation Association of Canada.

© Copyright 1983 by
Roads and Transportation Association of Canada
1765 St. Laurent Blvd., Ottawa K1G 3V4
Tel. (613) 521-4052 Telex 053-3334

REPORT DOCUMENTATION FORM

1 Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3 Recipient's Catalogue No
TD 4057E	4244	

4 Title and Subtitle	5 Report Date
Study of Asphalt Cement Additives and Extenders	January 1983
	6 Performing Organization Report No

7 Author(s)		8 Transport Canada File No
Ralph Haas, Ph.D., P.Eng.	Frank Meyer, Ph.D., P.Eng.	D1465-307-7
Elaine Thompson, Ph.D.	G. Robert Tessier, MSc., ing.	

9 Performing Organization Name and Address		10 DSS File No
Roads and Transportation Association of Canada 1765 St. Laurent Blvd. Ottawa, Ontario K1G 3V4	Pavement Management Systems Limited R.R. #1 Paris, Ontario N3L 3E1	T8200-0-0522
		11 DSS or Transport Canada Contract No OSD81-00013

12 Sponsoring Agency Name and Address		13 Type of Report and Period Covered
Roads and Transportation Association of Canada 1765 St. Laurent Blvd. Ottawa, Ontario K1G 3V4	Transportation Development Centre (TDC) 1000 Sherbrooke St., W., Ste 2421 Montreal, Quebec H3A 2R3	Summary Sept/81-Dec/82
		14 Sponsoring Agency Code

15 Supplementary Notes	16 TDC Project Officer
Summary of Report TP 4058E	Catherine Hirou

17 Abstract

Bituminous cement (or asphalt) when used as a binder for flexible pavements has many excellent characteristics and, unfortunately, some deficiencies. Some of the worst deficiencies at present are price and availability. World demand for petroleum and fuel oils is driving prices continuously higher. It is becoming imperative that new additives or extenders be found which can substitute for part of the asphalt and which can improve qualities such as strength and durability of pavements.

Additives may be considered for a variety of expected benefits, such as a lower cost substitute for part of the asphalt fraction to enhance the structural strength and/or durability of the paving mixture and by corollary to ameliorate perceived deficiencies in present practice such as oxidation and stripping of the asphalt film from the aggregate.

The project objective was to prepare a report on current research into asphalt cement additives and extenders so that a comprehensive and coordinated program of Canadian experimentation and field testing can be initiated.

The study investigated current practice in the use of additives which replace some of the asphalt with a component of lower cost, such as sulphur; additives which reduce oxidation and improve wetting capabilities and adhesion and rheological properties; and additives which restore the original properties of asphalt in recycling operations. The report formulates a proposed research and testing program to confirm the findings of the study and to suggest an implementation strategy.

18 Key Words	19 Distribution Statement
bituminous cement, asphalt, flexible pavement, strength, durability, cost, availability, fuel, sulphur	limited number of copies available from sponsoring agencies

20 Security Classification (of this report)	21 Security Classification (of this page)	22 No of Pages	23 Price
unclassified	unclassified	23	

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 4057E	4244	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Study of Asphalt Cement Additives and Extenders	Janvier 1983
	6. N° du rapport de l'organisme exécutant

7. Auteur(s)	8. N° de dossier Transports Canada
Ralph Haas, ing., Ph. D. Frank Meyer, ing., Ph. D. Elaine Thompson, Ph. D. G.-Robert Tessier, ing., M. Sc.	D-1465-307-7

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant		10. N° de dossier — ASC
Association des routes et transports du Canada 1765, boulevard Saint-Laurent Ottawa (Ontario) K1G 3V4	Pavement Management Systems Limited R.R. 1, Paris (Ontario) N3L 3E1	T8200-0-0522
		11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada OSD81-00013

12. Nom et adresse de l'organisme parrain		13. Genre de rapport et période visée
Association des routes et transports du Canada 1765, boulevard Saint-Laurent Ottawa (Ontario) K1G 3V4	Centre de développement des transports (CDT) 1000, rue Sherbrooke ouest Suite 2421 Montréal (Québec) H3A 2R3	Rapport sommaire (sept. 1981 - déc. 1982)
		14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
Sommaire du rapport TP 4058E	Catherine Hirou

17. Résumé

Malgré ses excellentes propriétés comme liant dans les revêtements souples, le bitume présente malheureusement certains inconvénients; le coût et la disponibilité sont actuellement parmi les plus graves. En effet, stimulés par la demande mondiale, les coûts du pétrole et des fuels sont perpétuellement en hausse. Il devient donc indispensable de trouver de nouveaux adjuvants pour remplacer une partie du bitume et améliorer, entre autres, la résistance et la durabilité des revêtements.

L'emploi des adjuvants peut présenter divers avantages, notamment le remplacement d'une partie du bitume par un matériau moins coûteux, l'amélioration de la résistance structurale et (ou) de la durabilité du revêtement et, en conséquence, l'atténuation des problèmes d'oxydation et de désenrobage associés aux pratiques actuelles.

Ce projet avait pour objectif de faire le point des recherches en cours sur le bitume et les adjuvants afin qu'un programme complet et coordonné d'essais en laboratoire et sur le terrain puisse être entrepris au Canada.

L'étude a porté sur l'emploi actuel des adjuvants qui remplacent une partie du bitume par un matériau moins coûteux comme le soufre, des adjuvants qui réduisent l'oxydation et améliorent la capacité de mouillage, l'adhésivité et les propriétés rhéologiques ainsi que des adjuvants qui, dans les opérations de recyclage, restaurent les propriétés initiales du bitume. Le rapport formule un programme de recherche et d'essai visant à confirmer les conclusions de l'étude et à proposer une stratégie pour leur mise en oeuvre.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Bitume, revêtements souples, résistance, durabilité, coût, disponibilité, combustibles, soufre	Nombre limité d'exemplaires disponible auprès de l'ARTC et du CDT

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non classifié	non classifiée	23	

CDT 1DC 79 005

FOREWORD

The motivation for the study reported herein came from the fact that there are a number of serious asphalt pavement problems in Canada today, that these have major economic implications and that a number of additives and extenders offer potential for alleviating these problems to some degree. However, because the area of asphalt additives and extenders is complex and because it is difficult for any single agency or individual in that agency to sort out the array of information and possibilities in order to effectively attack the asphalt problems, this study was carried out to provide organized and systematic guidance.

It is intended that the results and recommendations of the study will have both national benefits and localized or regional benefits for particular agencies, their conditions and requirements and their problems.

This is the summary report of the Study of Asphalt Additives and Extenders TP 4058E.

RTAC gratefully acknowledges the joint financing of this project by Transportation Development Centre (TDC) of Transport Canada and the Council on Cooperative Research of Roads and Transportation Association of Canada. The assistance in the initiation of the project by the Transport Canada Highway Transportation Research and Development Advisory Board is appreciated. The management of the contract for these agencies was provided by Mr. John E. Hill of the RTAC secretariat.

The cooperation and assistance of the provinces, various municipalities, suppliers and manufacturers and numerous individuals was invaluable to the conduct of the project. As well, direct guidance was given by the RTAC Project Committee charged with the responsibility of monitoring the project and this is very much appreciated. The individuals on this Committee should be recognized for their guidance and for their contributions. They are:

Chairman:	Mr. W.A. Phang	Ontario Ministry of Transportation and Communications
Project Manager:	Mr. J.E. Hill	Roads and Transportation Association of Canada
Members:	Mr. W.W. Crawford	Gulf Research and Development
	Mr. R.W. Culley	Department of Highways Saskatchewan
	Mr. F.A. Gervais	Department of Highways Nova Scotia

Mr. I. Gilbert	Transport Canada Transportation Development Centre
Mr. J. Hode-Keyser	Ecole Polytechnique, Montreal
Mr. B.P. Shields	Alberta Research Council

The project team consisted of people from the PMS Group itself plus several special consultants. These included Dr. Ralph Haas, Principal Investigator, Dr. Elaine Thompson of Winnipeg, Dr. Frank Meyer, Mr. G. Robert Tessier of Quebec, Dr. Thomas W. Kennedy of Austin, Texas, and Mr. Blair McArthur.

TABLE OF CONTENTS

Project Team		ii
Report Documentation Form		iii
Foreword		v
List of Figures		viii
1.	INTRODUCTION	1
	1.1 Scope of the Report	1
	1.2 Project Objectives	1
	1.3 Definition	1
	1.4 Why Use an Additive or Extender	2
2.	MAJOR ASPHALT PAVEMENT PROBLEMS IN CANADA AND THE POTENTIAL ROLE OF ADDITIVES	2
	2.1 The Basic Question	2
	2.2 Major Asphalt Pavement Problems	2
	2.3 Matching the Major Problems to Possible Causes	5
	2.4 Potential Treatment Alternatives	6
4.	EVALUATION OF ADDITIVES AND EXTENDERS	9
	4.1 Evaluation Approach	9
	4.2 Framework, Criteria and Method for Conducting Evaluations	9
	4.3 Identification of the Most Promising Types	11
5.	SUPPLY-DEMAND SITUATION FOR ADDITIVES AND EXTENDERS	14
6.	RESEARCH NEEDS AND RECOMMENDATIONS	17
	6.1 Basic Considerations	17
	6.2 General Research Recommendations	19
7.	CONCLUSIONS	21
References		23

LIST OF FIGURES

Figure 1 - General Framework for Evaluation of Asphalt Cement Additives and Extenders 10

Figure 2 - Key Elements of a Research Program 20

LIST OF TABLES

Table 1 - Major Asphalt Problems Reported in Canada, and Their Extent 3

Table 2 - Major Asphalt Problems Matched to Possible Causes 7

Table 3 - Major Asphalt Pavement Problems Matched to Potential Treatment Alternatives 8

Table 4 - Summary Results of the Evaluation 12

Table 5 - Most Promising Additives for Solving Asphalt Pavement Problems 13

Table 6 - Aggregated Estimate of Hot Mix Tonnage in Canada, Based on (Provincial) User Agency Survey 15

Table 7 - Estimates of Maximum Potential Demand for Additives and Extenders in Canada 16

Table 8 - Qualitative Assessment of Current and Projected Supply Side Situation for Additives and Extenders 18

Table 9 - General Recommendations on Initial Research Efforts for Promising Additives and Extenders 22

1. INTRODUCTION

1.1 Scope of the Report

The introductory part of this report briefly describes the project objectives, provides a working definition for additives and extenders and states the justification for using these materials.

The report then identifies the major asphalt pavement problems in Canada, the potential role of additives, the types available and their characteristics. An evaluation procedure follows and it is used to identify the most promising types of additives. The supply/demand situation is briefly considered, and finally a set of research needs is presented.

1.2 Project Objectives

The area of asphalt additives and extenders is somewhat complex, a variety of products and suppliers are available, and the evidence of behavior and performance is scattered and inconclusive. For these reasons, prospective users in provincial, federal and municipal highway agencies face a rather difficult task in sorting out this subject area and assessing whether a particular additive or extender can be applied to their problem, and with what technical and economic effectiveness.

The project objectives recognized this situation, and were defined as follows:

1. To review the state-of-knowledge on asphalt cement additives and extenders.
2. To identify the major asphalt pavement problems in Canada, and the potential role of additives.
3. To identify the types, characteristics, availability and degree of usage of the various additives.
4. To evaluate the additives in 3, and identify the most promising ones.
5. To examine the supply-demand situation.
6. To recommend any research needs.

1.3 Definition

The following working definition has been developed and used for the purposes of the study:

> An asphalt cement additive is a material which would normally be added to and/or mixed with the asphalt before mix production, or during mix production, to improve the properties and/or performance of the resulting binder and/or the mix, or where an aged binder is involved, as in recycling, to improve or restore the original properties of the aged binder. An asphalt cement extender is an additive which replaces a part of the asphalt cement that would normally be used in the mix, and may additionally result in performance improvements or better economy.

This definition excludes materials which are intended to affect the structural nature of the mix (i.e., fillers, reinforcement, aggregates, etc.) and liquid and emulsified asphalts.

1.4 Why Use an Additive or Extender

The justification or reasons for using an additive or extender would include the following:

1. Solve or alleviate a pavement problem.

2. Realize some benefits: a) economic, b) environmental, c) energy, d) application and performance.

These potential benefits are reflected in the evaluation procedure subsequently described in this report.

2. MAJOR ASPHALT PAVEMENT PROBLEMS IN CANADA AND THE POTENTIAL ROLE OF ADDITIVES

2.1 The Basic Question

Before identifying the actual problems, there is a basic question which should be asked when considering any additive or extender:

> Would an additive or extender have any beneficial effect? If so, would it be cost effective? Or, could the problem(s) be handled by using different materials, better control procedures, better construction practices, a different design, etc.?

In other words, an additive may or may not help a problem, but, in order to know this, we have to understand the problems and their causes, understand the alternative treatments that might be available (including additives and extenders), and be able to effectively match problems with treatments.

2.2 Major Asphalt Pavement Problems

A user agency survey (primarily involving the provinces) identified the problems listed in Table 1.

Stripping was the most widely reported and is perhaps the most important problem in Canada and the U.S. today. It involves a displacement of asphalt film from the aggregate surface in the presence of water, and is highly complex with respect to causes, mechanisms, treatments and evaluation of the effectiveness of the treatments. Stripping can be manifested in several ways, including the following: a) Surface ravelling, b) stripping of asphalt from aggregate at the bottom of the bituminous layer, c) an unstable or "mushy" mix, due to a combination of stripped asphalt and water.

Stripping is an asphalt and aggregate specific problem. In addition, the amount and nature of the voids, amount of asphalt, amount

TABLE 1

MAJOR ASPHALT PROBLEMS REPORTED IN CANADA, AND THEIR EXTENT

A. Widespread Problems of Major Importance

Type of Problem	Extent
● Stripping	occurs to varying degrees in all parts of Canada
● Thermal cracking	widespread in areas of higher freezing index (Northern B.C., Prairie Provinces, N. Ontario, N. Quebec), but also occurs to some degree in other parts of Canada.
● Rutting	occurs to varying degrees in all parts of Canada
● Hardening of the binder	occurs in all parts of Canada; no apparent Regional effects
● Flushing	occurs in all parts of Canada; no apparent Regional effects
● Segregation in the aggregate	reported in various areas of Canada where drum mixers used; not a Regional or in-service performance problem.
● Reflection cracking through overlays	occurs in all parts of Canada
● Achieving adequate consistency of binder in recycled mixes	can occur in any part of Canada
● High costs of bituminous materials*	

B. Important Problems But of a More Regional Nature

- Chip retention in surface treatments
- Skid resistance
- Development of surface treatment for high traffic roads
- Retained moisture in aggregate
- Development of good cold mix techniques for secondary roads

---

* Not a performance problem and only reported by one agency, but probably applicable, in general, to all agencies.

and type of additive used, nature of the water phase (i.e., liquid, frozen, vapour), temperature and other factors can influence the degree and rate of stripping. Moreover, these factors combine or interact to varying degrees. Stripping has been the subject of much research, including that in Ontario (2, 3) and in the U.S. (an extensive list of references is available in Ref. (1), plus a more detailed discussion of the subject area).

A large number of treatments are available for stripping, including over one hundred anti-strip agents on the North American market. Evaluation of the effectiveness of these treatments must eventually be through field evidence. However, prior laboratory testing is a major part of the total evaluation process and a number of aggregate and mix tests exist for this purpose.

Thermal cracking is recognized as one of the major asphalt pavement problems in both Canada and much of the United States. It has been quite widely investigated since the mid 1960's and an extensive amount of literature exists on the subject (4, 5).

The only "cure" with present methods and materials is complete reprocessing of the bituminous layer because the cracks very quickly reflect up through an overlay. However, as subsequently discussed, asphalt-rubber interlayers may have applicability in retarding or minimizing reflection cracking. As well, sulphur-asphalt is known to be effective, in an indirect way, because it allows the use of much softer asphalts (6, 7).

Rutting was reported as a significant problem by several agencies, particularly in the case of high traffic volume pavements. In many cases, however, the problem may be primarily related to mix or structural design. The binder itself could also be a factor, it if were too soft.

Thus, in attacking the problem of rutting, these factors would normally be considered, before an additive. If, however a softer asphalt was required for low-temperature cracking resistance but was too low in stiffness for high temperature and traffic conditions even with a good mix design, then the use of an additive or extender such as sulphur could be of significant assistance.

Hardening of the binder was not reported as a problem by all agencies but undoubtedly exists to varying degrees across Canada and the U.S. Similar to some of the other pavement problems, it may be more a function of mix design and contruction, particularly in terms of initial overheating during production and/or subsequent high voids content in the mix, that to any particular characteristics of the binder.

Excessive hardening of the binder is manifested by brittleness of the mix and possibly cracking. It can also have an effect on recycling in that a higher percentage of virgin aggregate and/or a softer asphalt may have to be used in order to obtain a satisfactory consistency in the combined binder of the final mix.

Additives might be of assistance, provided that proper mix design and construction takes place. The type of additives that would likely be used would be anti-oxidants, as subsequently discussed.

Flushing is another problem related to mix design and construction and, in some cases, consistency of the binder used in relation to temperature and traffic conditions. It appartently occurs most frequently under heavy traffic conditions as reported by several provinces.

Proper mix design and construction procedure plus selection of an appropriate binder may represent the best available solution. In the case of open friction courses, latex addition may be of use to control draining of the binder while in transport and flushing while in service.

Segregation has been identified as a problem by several agencies and is therefore listed in Table 1 although it is not related to the asphalt itself. Rather, it seems to be a function of the mixing process, particularly where drum mixers are used.

Reflection cracking through overlays is a major problem across Canada. It is basically an extension of the thermal cracking problem for asphalt pavements, or of the joints in a portland cement concrete pavement.

One way to treat the problem is to reprocess the entire old and cracked bituminous layer. Quite often, however, is is not practical or economical, especially where partial cold milling of the existing surface is desired, or where ripping or otherwise lifting off the entire existing bituminous layer is uneconomical, impractical or results in too much contamination from the underlying base or subgrade.

The use of a rubber-asphalt "stress absorbing membrane inter-layer" (SAMI) has been demonstrated to be very effective by some agencies, such as Arizona (8), but little experience or evidence yet exists to show that equal or even partial effectiveness will be achieved in northern regions.

Consistency of binders in recycled mixes, in terms of too low a penetration at 25 degrees C and/or too high a viscosity at 60 degrees C, is a problem reported by several agencies in Canada. It can be handled by using a higher percentage of virgin aggregate so that a greater percentage of new, softer asphalt or rejuvenators can be used.

High cost of bituminous materials (Table 1) is a self explanatory problem. While it was directly reported by one one agency in the survey, it would undoubtedly be endorsed by almost all users.

2.3 Matching the Major Problems to Possible Causes

The major problems of Category A in Table 1 can be matched to several possible causes, and this can for the basis for identifying potential treatment alternatives.

Table 2 provides this matching, using eight possible causes. While the causes are quite general, Table 2 can provide guidance in seeking and assessing potential treatment alternatives.

2.4 Potential Treatment Alternatives

The causes of Table 2 themselves suggest treatment alternatives in the sense that, for example, if mix design can be a cause of rutting, then one should ensure that a mix is designed to not have excessive rutting for the traffic, environment and other factors which also influence the problem.

Regarding additives and extenders, we should also seek to match these as treatment alternatives to the major asphalt problems, while carefully recognizing: (a) the possible causes and whether or not an additive could be useful, or whether the problem might be better controlled by say proper mix design, good construction control, etc., and (b) whether or not additives or extenders have been tried only to control the problem, have enjoyed widespread use and success, have not yet been successfully applied, etc., -- in other words, is there evidence to suggest an additive or extender could be of benefit?

Table 3 provides such an assessment. This assessment is subjective, and based on the opinions and experience of the authors.

3. TYPES OF ADDITIVES AND EXTENDERS AVAILABLE IN CANADA AND DEGREE OF USAGE

A comprehensive survey of suppliers and user agencies was used to identify the various types, sources and locations, availability and costs, etc. of the various additives and extenders available in Canada. The details are contained in Ref. (1). Also contained in this reference is a functional description of these materials (i.e., basic chemical composition or source) and the degree of usage by various agencies in Canada.

Regarding degree of usage, this is relatively minimal for all the additives and extenders. A primary reason is that clear evidence is not yet available to the user agencies as to the cost, energy and performance effectiveness of these materials for attacking their various problems. This indicates a clear need for a systematic program of Canadian laboratory and field research to establish effectiveness of the promising additives, and to develop procedures for future evaluation of any additives which may come available.

The major types of additives and extenders available and used (either on a trial basis, in research studies, or in some regular projects) in Canada were identified as follows:

1. Anti-oxidants (i.e., dialkyldithiocarbamate)

2. Anti-stripping agents: (a) cationic surfactants, (b) iron naphthenate, (c) hydrated lime, (d) silanes.

3. Carbon black

TABLE 2

MAJOR ASPHALT PROBLEMS MATCHED TO POSSIBLE CAUSES

Problem	Possible Causes								
	Type or Nature of Binder	Nature of Aggregate	Mix Design	Mix Produc. or Control	Constr. Processes or Control	Environ. or Regional Factors	Traffic Factors	Pvt. Struct. Design	Remarks
Stripping	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Thermal cracking	✓					✓			Aggregate and mix design could have minor influence
Rutting	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
Hardening of Binder	✓		✓	✓	✓	✓			
Flushing			✓	✓	✓	✓	✓		
Segregation in the Aggregate				✓	✓				
Reflection cracking through overlays						✓		✓	Binder and mix design could have influence (i.e., if SAMI used)
Achieving adequate consis. of binder in recycled mixes	✓		✓	✓					
High costs of bituminous materials	✓		✓						Primary "cause" is actual cost of bitumen

TABLE 3

MAJOR ASPHALT PAVEMENT PROBLEMS MATCHED TO POTENTIAL TREATMENT ALTERNATIVES

A. Widespread Problems of Major Importance

Type of Problem	Have Additive/ Extenders Been Used on Problem	Could An Addit./Extend. Be of Benefit			Suitability of a Conventional Treatment Alternative
		Yes	No	Unknown	
Stripping	Yes (Anti-strip agents)	✓			Voids control can be very beneficial
Thermal cracking	Yes (Sulphur and soft asphalt)	✓			Can use softer or less temp. susc. binders
Rutting	Yes (Sulphur)	✓			Materials selection and mix design can solve problem
Hardening of binder	Yes (Anti-oxid. agents)	✓			Produc. and voids control can be very beneficial
Flushing	Not directly			✓	Mix design can have major effect
Segregation in the aggregate	No evidence found		✓		Plant design modif. may help
Reflection cracking through overlays	Yes (Rubber-asph. and fabrics)			✓ (for N. environ.)	No practical, efficient treatment known
Achieving adequate consis. of binder in recycled mixes	Yes (Rejuvenating Agents)	✓			Sufficient, soft asphalt and sufficient virgin aggregate can be used
High costs of bituminous materials	Yes (Sulphur)	✓			N.A.

B. Important Problems But of a More Regional Nature

					Remarks
Chip retention in surface treatments	Unknown			✓	
Skid resistance	Yes (large rubber crumb and verglimit)			✓	Additives used for icing problems
Development of surface treatment for high traffic roads	Unknown	✓			
Retained moisture in aggregate	Yes (Silicone)	✓			
Development of good cold mix techniques for secondary roads	Unknown			✓	

4. Foam suppressants (i.e., silicone)

5. Polymers: (a) latex, such as neoprene or styrene-butadiene, (b) vulcanized tire rubber crumb, (c) dry rubber crumb from latex, (d) plastics, such as ground up mixtures of polyethylene and polypropylene, (e) Chem-crete.

6. Recycling agents (i.e., lube oil extracts of either high aromatic hydrocarbon content, or lower aromatic and higher saturated hydrocarbon content).

7. Extenders (i.e., sulphur).

4. EVALUATION OF ADDITIVES AND EXTENDERS

4.1 Evaluation Approach

The point of view taken in developing the evaluation procedures is that of the user agency engineer or technologist who is faced with one or more of the following: a) solving a problem where an additive or extender might help, or b) evaluating an additive or extender proposed to the agency by a supplier or manufacturer, or c) sorting out a range of additive or extender types under consideration by the agency to solve their problems, or d) finding out more about a particular material which has come to the agency's attention from other users, from reading the literature, etc.

With a systematic evaluation method, the engineer or technologist will be able to: a) be consistent in comparing additives and extenders, b) be as fair as possible in assessing any particular product, and, c) directly show any supplier or manufacturer the way in which their product will be assessed; in fact, this can also work to the industry's advantage in that they can try to compile as much information as possible beforehand for the user agency to help in promoting and selling the product.

4.2 Framework, Criteria and Method for Conducting Evaluations

A general framework for evaluation is shown in Figure 1, together with six major criteria (economic, environmental, physical, energy, availability and recyclability). Initiation of any evaluation effort would presumably be on the basis of one of the four questions at the top of the diagram.

The six criteria of Figure 1 are intended to relate directly to the major problems previously identified. For example, if the problem is stripping, then we will want to evaluate any proposed or available additive not only as to whether it could solve the problem in physical terms (C. in Figure 1), but also as to the economic, environmental, energy, availability and recyclability implications (A., B. and D. to F. in Figure 1).

After obtaining as much information as possible for the six criteria, and their components, a summary evaluation (item G. in Figure

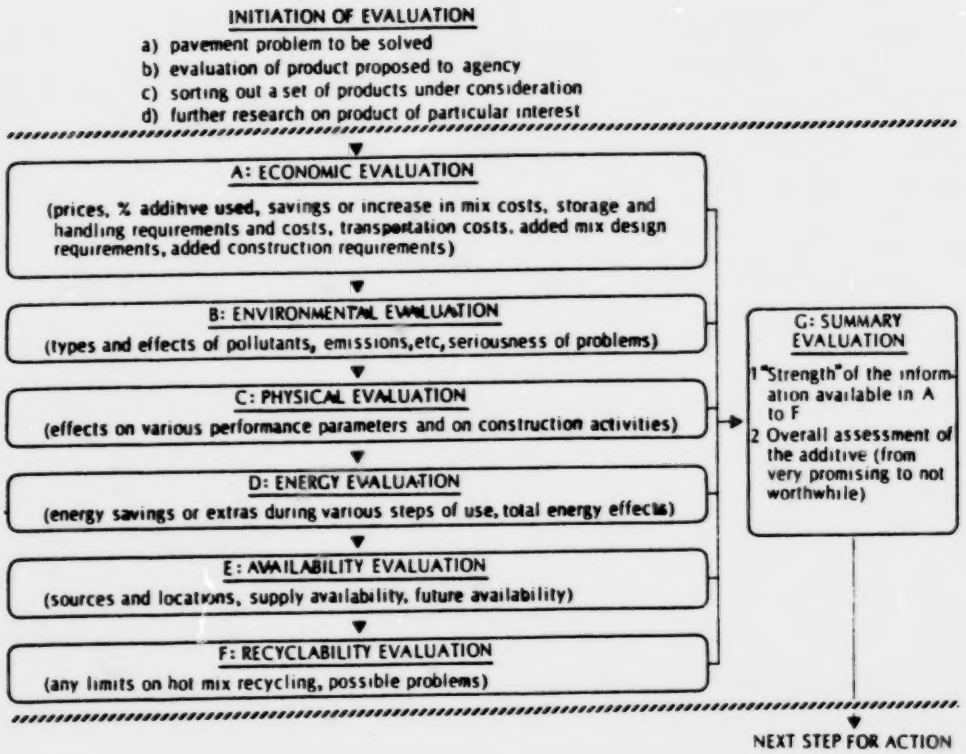
INITIATION OF EVALUATION
a) pavement problem to be solved
b) evaluation of product proposed to agency
c) sorting out a set of products under consideration
d) further research on product of particular interest
A: ECONOMIC EVALUATION
(prices, % additive used, savings or increase in mix costs, storage and handling requirements and costs, transportation costs, added mix design requirements, added construction requirements)
B: ENVIRONMENTAL EVALUATION
(types and effects of pollutants, emissions, etc, seriousness of problems)
C: PHYSICAL EVALUATION
(effects on various performance parameters and on construction activities)
D: ENERGY EVALUATION
(energy savings or extras during various steps of use, total energy effects)
E: AVAILABILITY EVALUATION
(sources and locations, supply availability, future availability)
F: RECYCLABILITY EVALUATION
(any limits on hot mix recycling, possible problems)
G: SUMMARY EVALUATION
1 "Strength" of the information available in A to F
2 Overall assessment of the additive (from very promising to not worthwhile)
NEXT STEP FOR ACTION

Figure 1 - General Framework for Evaluation of Asphalt Cement Additives and Extenders

1) would then be done to: 1) assess the relative "strength" of the information available, and 2) assess the additive or extender in overall terms from very promising to not worthwhile in its potential to solve a problem. For many products, there will likely be a lot of unavailable information in the six criteria areas.

The six criteria have been used in developing a method for actually carrying out an evaluation of an additive or extender. It includes a detailed Evaluation Form, which is contained, with examples, in Ref. (1).

The engineer or technologist faced with the need or responsibility to evaluate a product would "pass it though" this form. As well, if a marketing representative offers a new product, this form could be handed back with the explanation that these are the "rules of the game" we use for evaluation and we would like your answers to as many of the questions as possible. This could be advantageous to both the user agency and the supplier in that it represents consistency and fairness in evaluation.

4.3 Identification of the Most Promising Types

Application of the evaluation method to the available additives and extenders was carried out and the summary results are given in Table 4.

The assessment of an additive as promising in Table 4 can not answer the question of whether and to what degree it will solve a particular user's problem in a particular set of circumstances. That must be determined by the user's own trials or experiments with the product, or from further research. Nevertheless some guidance can be provided by matching the promising additives and extenders of Table 4 to the major problems to be solved (see Table 1).

Table 5 provides this matching of problem areas additives which appear promising. It utilizes the evaluations of Table 4. While Table 5 is relatively self explanatory, it might be particularly noted that the following additives or extenders appear most promising:

1. Anti-stripping agents (cationic surfactants, iron naphthenate, hydrated lime and silanes)

2. Rubbers asphalt - for interlays, to limit reflection cracking through overlays.

3. Sulphur asphalt - to reduce or minimize thermal cracking and rutting and, when the economics become favourable, to reduce the price of binder by use as an extender for asphalt.

4. Recycling agents - to achieve adequate consistency of binder in recycled mixes.

Because of the promise of these additives, a detailed review on the state-of-knowledge on their characteristics, applications, etc. and

TABLE 4 - SUMMARY RESULTS OF THE EVALUATION

ADDITIVE	STRENGTH OF INFORMATION	GENERAL ASSESSMENT
	very strong / strong / medium / weak / very weak	promising and worth trying / promising; use on trial basis / lacking info, do lab tests / not worth while
Anti-oxidants	Weak (Results with antioxidants in asphalt by various researchers are inconsistant and unencouraging. While results with lead dialkylcarbamates in all trials appeared positive in one study (Ref. 24, Ch. 3), the effectiveness varied with the asphalt)	Promising, use on trial basis, be aware of boiling points, decomposition temperatures of various anti-oxidants being tested in hot mix preparations.
Anti-stripping Agents	Strong (Several agents must be tested with the particular aggregate and asphalt to be used on a project in order to find that agent which acts as the most effective adhesion promoter for that particular job (i.e., agents appear to be asphalt and aggregate specific))	Promising, worth a try after lab tests indicate suitability of anti-stripping agent for particular aggregate and asphalt.
Carbon Black	Very weak (No published reports in Canada - one MTC trial carried out in 1978). U.S. reports suggest some reduction in temperature susceptibility; doubtful if extent of this reduction is sufficient for Canadian climates.	Probably not worthwhile in Canada.
Foam Suppressant	Very strong, DC-200 and APA-5 used regularly for this purpose.	Promising, worth a try if needed.
Polymers	Vulcanized Rubber: Strong (many published reports on use of vulcanized rubber-asphalt seal coats and interlayers in the U.S. Product being evaluated extensively in Saskatchewan in seal coat applications)	Promising, worth a try
	Medium (Introduction into hot mix fairly recent, effect not thoroughly evaluated).	Promising, use on trial basis.
	Latex: Strong to medium (Tenacity of the latex modified asphalt greatly improved at ambient conditions; properties under Canadian cold temperatures (-20 to -40 degrees C) not yet determined).	Promising, use on a trial basis.
	Solid Polymers & Rubbers: Medium (Proper dispersion often a problem, compatibility with asphalt must be considered; little information on performance at -20 to -40 degrees C)	Lacking information on Canadian applications, lab tests should be carried out to evaluate seal coat or mix properties.
	Chem-crete: Weak (Some published papers but most performance information is only anecdotal and/or not published)	Not worthwhile unless used with a soft asphalt; lab test for low-temperature cracking resistance should be done before considering any field trials.
Recycling Agents	Medium (Long term evaluations of performance of recycled pavements have yet to be published)	Promising, worth a try. Field trials using several agents in various sections of same road would be most instructive, but should be supported by prior lab tests.
Sulphur	Strong (Pavements are definitely stiffer at higher temperatures; this has not yet been shown to improve pavement life but low temperature cracking can be reduced because softer asphalts can be used, and rutting can be reduced; As a partial replacement for asphalt, sulphur has been shown to be quite effective; a number of sulphur-asphalt projects have been done as regular, full-scale contracts)	Promising, worth a try if and when economics are favourable; in the meantime, should consider building limited number of projects to gain long term performance information for region.

TABLE 5 - MOST PROMISING ADDITIVES FOR SOLVING ASPHALT PAVEMENT PROBLEMS

PROBLEM	ADDITIVES	REMARKS
Stripping	Anti-stripping agents - cationic surfactants iron naphthenate, hydrated lime, silanes.	Several should be tested for each aggregate-asphalt combination prior to use in order to determine suitability for the area or site.
Thermal Cracking	Sulphur with soft asphalt	
Rutting	Sulfur-asphalt	Chem Crete is a possibility but Canadian experience (B.C.) has shown extensive cracking. However, asphalt used was that which would normally be employed for job.
Hardening of Binder	Anti-oxidants	Anti-oxidants should be soluble in asphalt and stable at hot-mix temperatures; evidence as to effectiveness of anti-oxidants is weak.
Flushing	None	
Segregation in the Aggregate	None	
Reflection Cracking through Overlays	Possibly rubber asphalt interlayer	These materials have not yet been proven effective in northern climates; limited experience with fabric interlayers has not shown them to be effective in northern climates.
Achieving Adequate Consistency of Binder in Recycled Mix	Recycling agents	No controlled or longer term road tests have been done to recommend soft asphalts over aromatic oils. Viscosity (penetration) should not be the only criterion used in lab evaluation of recycling agents.
High Costs of Bituminous Materials	None	Sulphur extension of asphalt when economics become favourable.
Chip Retention in Surface Treatments	Latex rubber dispersed in hot asphalt or in asphalt emulsions	Not widely used, however tenacity of the latex rubber-asphalt bond to substrates strongly suggest the suitability of such an additive, accompanied, of course, by sufficient rolling to ensure wetting of chip by binder.
Skid Resistance	For deicing-particulate vulcanized rubber of 3.175 mm size	Alaska had very positive experience with rubber crumb; Verglimit was effective at temperatures as low as -8 degrees C in P.E.I. but ineffective in the much colder Manitoba winter climate.
Development of Surface Treatment for High Traffic Roads	Specialty products such as Actiflex, Styrelf and Recopave (all containing polymers) are being promoted for this purpose	Products not evaluated in Canada; no published reports of evaluations in other countries (France, U.S.).
Retained Moisture in Aggregate	DC-200; AFA-5 (dimethylpolysiloxane)	Prevents foaming and slumping caused by moisture presence, does not remove the moisture per se.
Development of Good Cold Mix Techniques for Secondary Roads	Unknown	Additives would be a proprietary component in a suitable MS or SS emulsion, or MC or SC cutback; their effect would be to promote aggregate wetting and adhesion of binder to aggregate.

the literature which exists, is contained in Ref. (1).

The evaluation of an additive or extender should also include an economic evaluation over the life cycle of the pavement, rather than on an initial cost basis. While the required data is not available for any additive today, it is nevertheless the only way in which a proper and complete economic evaluation can be done. Ref. (1) contains a description of the procedures for such an evaluation, including the factors to be considered and a hypothetical example.

5. SUPPLY-DEMAND SITUATION FOR ADDITIVES AND EXTENDERS

The maximum potential demand for an additive is related to the tonnage of hot mix produced. But the actual demand may only be some small percentage of the maximum. This actual demand in a region could be calculated from: a) tonnage of hot mix in that area which would be affected by the problem the additive is used for, b) the maximum potential tonnage of additive as percent of a), and c) the degree of penetration of the additive into b). The latter factor is difficult to estimate (which is why, perhaps, that good marketing studies are essential) and depends on the demonstrated effectiveness of the product, its actual cost and the incremental cost per ton of mix, the marketing effort and services provided, degree of ready availability, etc.

It was not possible in the study to rigorously evaluate supply-demand relationships, for several reasons: (a) there was insufficient data available, (b) the current volume of usage in Canada of most if not all of the additives and extenders considered in the study is very small, (c) the volume of usage or demand will likely be quite sensitive to their cost, energy and performance effectiveness; this has not yet been demonstrated for most of the materials in this study, and (d) there did not seem to be any current supply problem for any of the additives or extenders.

Consequently, it was decided to consider primarily the demand situation and to do this in terms of tonnage of hot mix used in Canada to indicate maximum potential demand. This can also be useful to manufacturers and suppliers in assessing the market potential and estimating penetration rates.

On the other hand, the consumers (provincial transport agencies, municipalities, commercial organizations, etc.) are primarily interested in whether adequate supplies will be available and at what price.

The user agency surveys conducted in this study and in the concurrent RTAC "Hot-Mix Recycling of Asphalt Pavements" Project (9) attempted to establish current hot mix tonnages for the Provinces and estimates of future amounts. Table 6 contains the aggregated results of the survey for 1981 to 1990. It may be noted that total volumes are expected to remain fairly constant.

Table 7 contains estimates of the maximum potential demand for the promising additives and extenders of the study, based on the hot mix

TABLE 6

AGGREGATED ESTIMATE OF HOT MIX TONNAGE
IN CANADA, BASED ON (PROVINCIAL) USER AGENCY SURVEY

Area	Provincial (tonnes x 10^6) Average Annual for 1981-1990	Municipal and Private (tonnes x 10^6) Average Annual for 1981-1990	Total Asphalt Cement (tonnes x 10^6)* per year
B.C. & Prairie Provinces	6.2		
Ontario and Quebec	6.7		
Atlantic Provinces	1.9		
Appr. Totals	15	15	1.5

* Calculated as 5% by weight of mix (i.e., $0.05 \times 30 \times 10^6 = 1.5 \times 10^6$)

TABLE 7

ESTIMATES OF MAXIMUM POTENTIAL DEMAND FOR ADDITIVES AND EXTENDERS IN CANADA

Additive	Representative Rate of Application	Total Potential Demand (tonnes per year)	Remarks
1. Antioxidants	?	?	very little experience or information
2. Anti-stripping Agents	0.1 to 1.0% by weight of asphalt (except for hydrated lime)	1,125 to 11,250	Does not include commercial paving
3. Foam Suppressants	1/5000 parts of asphalt	225	Does not include commercial paving
4. Polymers	3% by weight of mix	675,000	Does not include commercial paving
5. Sulphur	3% by weight of mix	900,000	Includes all hot mix
6. Recycling Agents	Assume 25% of all tonnage is recycle and 2.5% by weight of mix is recyle agent	187,500	

tonnage estimates of Table 6 and representative application rates.

Actual demand for all the products listed, at the current time, is only a very small proportion of the Table 7 estimates. In other words, the market penetration is still quite minimal. For example, the average annual potential for sulphur would be about 900,000 tonnes, but the actual amount currently used is under 1% of the potential. This is largely due to the current price situation, and the transportation costs from Western Canada to much of the Canadian market.

Actual demand estimates have not been made for the additives and extenders of Table 7 because, until their cost, performance and energy effectiveness is conclusively demonstrated, the demand volumes will likely continue to be very low in absolute and percent of market penetration terms.

It quickly became apparent in the conduct of this study that the supply side did not need any precise quantification because there appeared to be no basic supply problems at the current time of for the foreseeable future. The only possible exception might be sulphur and consequently an assessment of the supply of that product was carried out, as described in Ref. (1).

Table 8 provides a qualitative assessment of the supply situation for the promising additives and extenders, based on survey responses from suppliers and user agencies, discussions with representatives of these agencies, etc.

6. RESEARCH NEEDS AND RECOMMENDATIONS

6.1 Basic Considerations

When a promising additive or extender is identified, either from a structured type of evaluation previously described, from evidence elsewhere, or simply because it has been brought to someone's attention, the questions faced would include the following:

1. What additional information should be acquired before anything is done?

2. Should there only be some lab testing done to start with, before a decision is made to go ahead with field experiments? or

3. Should both laboratory experiments and a very modest field trial (involving perhaps only construction demonstration and very limited observations of behavior and performance) be concurrently started? or

4. Should laboratory experiments and a comprehensive set of statistically designed field trials be done?

An associated question, in light of the national nature of the research project, involves coordination of field and laboratory experi-

TABLE 8

QUALITATIVE ASSESSMENT OF CURRENT AND PROJECTED
SUPPLY SIDE SITUATION FOR ADDITIVES AND EXTENDERS

Additive/Extender	Assessment
1. Anti-oxidants	Expected that suppliers will respond to any demand (which will likely be low for the next few years at least)
2. Anti-stripping Agents	Several types available and several suppliers; no supply problem foreseen and suppliers should respond to any increase in demand on part of user agencies
3. Foam suppressants	The products used are in good supply; no problems foreseen
4. Polymers	Discarded tires should continue to be in plentiful supply but rapid increase in demand could result in temporary shortage of rubber crumb in certain areas until manufacturers are able to respond. Latex supply should be able to respond to demand
5. Recycling agents	Basic source of lube oil stocks should represent no supply problems
6. Sulphur	Expected that supply of elemental sulphur should continue to be sufficient at least to 1990 (see Section 6.6)

ments between the various Federal, Provincial and Municipal agencies, plus the industries involved. While such cooperation is certainly desirable in principle, it must have very clearly defined objectives, a carefully laid out research plan and it must address a problem of widespread concern. For example, a national cooperative effort involving all the provinces plus several Federal agencies was carried out in the late 1950"s and early 1960's and led to CGRA's well known "A Guide to the Structural Design of Flexible and Rigid Pavements in Canada" in 1965. A subsequent, similar effort led to RTAC's "Pavement Management Guide" in 1977.

A key to the success of such national efforts and cooperation is not only the will to cooperate but also experiments in the individual provinces or municipalities that are complementary to the others, use the same experimental procedures, and are well documented.

A very important point to remember is that while a research program such as that recommended in this Chapter may focus on evaluation of additives and extenders, the underlying thrust should be toward solving the problems listed in Table 1. The promising additives and extenders only represent a potential means, and not necessarily the only or complete one for tackling the problems.

The basic elements involved in carrying out a research program are relatively self explanatory and Figure 2, in flow chart form, illustrates that the first steps are a well defined problem plus the development of a specific set of objectives. While such steps might appear obvious, there is all too much evidence of research projects where these were not followed.

6.2 General Research Recommendations

This study has clearly illustrated that the current state of technology on all the asphalt additives and extenders available today does not tell us whether any of them are cost, performance or energy effective. However, there is sufficient evidence available and the evaluations of this study have demonstrated that there are some which look promising enough to warrant further research. Consequently, the following general recommendations on such research can be offered:

1. The following additives and extenders warrant at least some level of research effort:

    a) Anti-oxidants
    b) Anti-stripping agents
    c) Polymers
        i) vulcanized rubber
        ii) latex
        iii) solid polymers and rubbers
    d) Recycling agents
    e) Sulphur

    Table 9 summarizes this recommendation in terms of the initial research effort warranted, and whether this is a national or

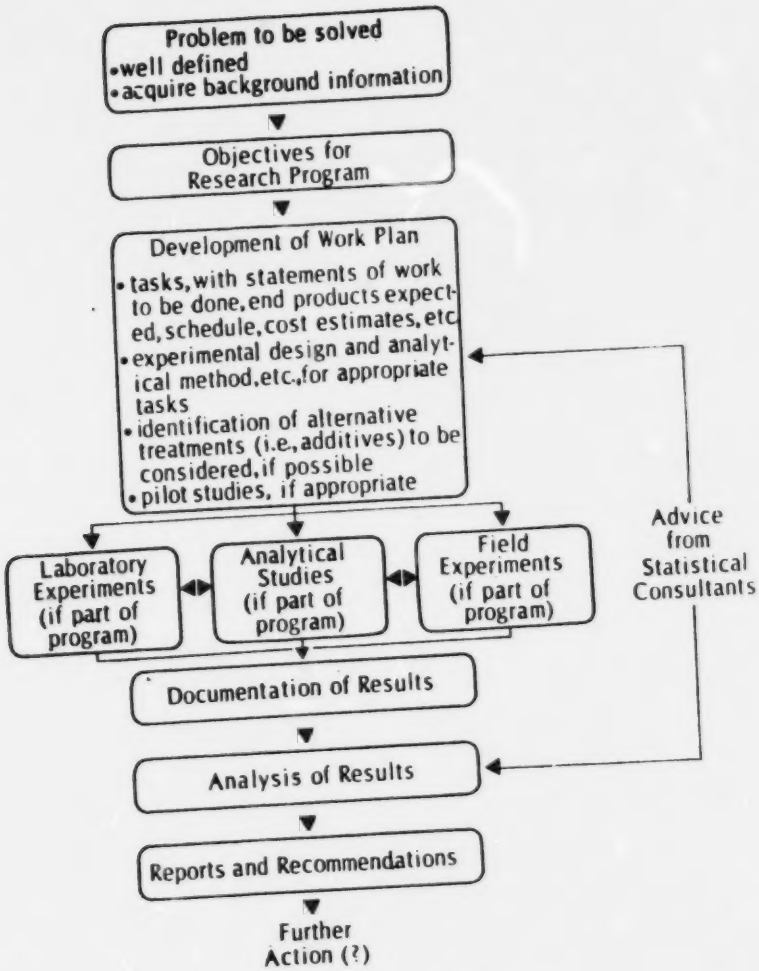
Problem to be solved
•well defined
•acquire background information
Objectives for Research Program
Development of Work Plan
• tasks, with statements of work to be done, end products expected, schedule, cost estimates, etc.
• experimental design and analytical method, etc., for appropriate tasks
• identification of alternative treatments (i.e., additives) to be considered, if possible
• pilot studies, if appropriate
Laboratory Experiments (if part of program)
Analytical Studies (if part of program)
Field Experiments (if part of program)
Advice from Statistical Consultants
Documentation of Results
Analysis of Results
Reports and Recommendations
Further Action (?)

Figure 2 - Key Elements of a Research Program

regional basis only.

2. Comprehensive research problem statements and plans should be developed for the recommended areas of Table 9. These should include specific statements of objectives, work tasks involved in the research, schedules, cost estimates, etc. A suggested format and extent of such problem statements would be that of the National Cooperative Highway Research Program in the United States. It is recommended that, if possible, a small research project be commissioned by the Council on Cooperative Research of RTAC, or the Transport Canada Highway Transportation Research and Development Advisory board, to produce such a set of problem statements and plans, with priorities and estimated costs. As well, recommendations could be included as to whether the various projects should be done by public agencies, private agencies or, in some cases, combinations of both.

Expansion of the foregoing general recommendations, in specific terms, is contained in Ref. (1).

7. CONCLUSIONS

The major conclusions of this report, and the study upon which it is based, can be summarized as follows:

1. A variety of major asphalt pavement problems continue to exist in Canada.

2. A number of asphalt additives appear promising in alleviating or reducing these problems.

3. A considerable amount of research and in-service observations of behavior is required, however, to establish the cost, energy and performance effectiveness of these additives.

TABLE 9

GENERAL RECOMMENDATIONS ON INITIAL RESEARCH EFFORTS
FOR PROMISING ADDITIVES AND EXTENDERS

Additive/ Extender	Expected Benefits from Use of Additive	Initial Research Effort	National or Regional Effort
Anti-oxidants	Reduction of asphalt hardening	Lead dialkyldithiocarbamates appear promising; suggest program of lab research combined with small scale, pilot type of field tests if lab results are positive.	Could be done by several provinces who coordinate with each other and make results nationally available.
Anti-stripping agents	Prevent or retard asphalt stripping	Four agents (cationic surfactants, iron naphthenate, hydrated lime and organo silane) appear promising; suggest program of research which first identifies most appropriate test method(s), then comprehensive laboratory effort to evaluate effects of many variables, followed by field trials.	Problems of stripping are site materials and conditions specific - thus regional; but national program to develop unified, consistent method(s) of test and evaluation is recommended.
Polymers			
a) Vulcanized rubber crumb	Durable, aggregate retaining seal coats; crack propag. resistant interlayers	Field trials of interlayers are recommended.	Could be done by several provinces and municipalities who coordinate and make results nationally available.
b) Latex	Durable, aggregate retaining seal coats	Combined program of lab charac. and small-scale field trials seems worthwhile.	A few provinces and municipalities might initiate pilot field trials and make results nationally available.
c) Solid	Durable, aggregate retaining seal coats	Lab testing programs to evaluate properties and effects of variables.	"
Recycling Agents	Achieve proper consistency of binder in hot mix recycling	Comprehensive laboratory program to evaluate physical and chemical properties of binder and characterize low-temperature, resilient modulus and other physical responses of recycled mixes.	National program; results should be applicable to all agencies.
Sulphur	i)asphalt extender ii)less rutting iii)less low-temp. cracking (with soft asphalt) iv)reduced pavement thickness(?)	Continuing field projects to obtain long term perf. record.	Current costs suggest only regional effort but future econ. and conditions may lead to national benefits. Suggest all provinces consider limited amount of periodic sulphur-asphalt construction.

REFERENCES

1. Haas, Ralph, Elaine Thompson, Frank Meyer and G. Robert Tessier, "Study of Asphalt Cement Additives and Extenders", TP 4058E, Rept. submitted to RTAC, by the PMS Group, September, 1982.

2. Field, F., "Evaluation of Anti-stripping Additives for Asphaltic Concrete Mixes: Effectiveness and Recommended Usage", Proc., Can. Tech. Asph. Assoc., Vol. 22, 1977.

3. Fromm, Harold J., "The Mechanism of Asphalt Stripping from Aggregate Surfaces", Proc., Assoc. of Asph. Paving Tech., 1974.

4. Ad Hoc Committee of the Asphalt Institute, "Design Techniques to Minimize Low-Temperature Asphalt Pavement Transverse Cracking", Res. Report No. 81-1, The Asphalt Institute, December, 1981.

5. Haas, R.C.G., "A Method for Designing Asphalt Pavements to Minimize Low-Temperature Shrinkage Cracking", Asphalt Institute, Res. Report No. 73-1, 1973.

6. Meyer, Frank, E.T. Hignell, G.J.A. Kennepohl and Ralph Haas, "Temperature Susceptibility Evaluation of Sulphur-Asphalt Mixes", Proc., AAPT, 1977.

7. Fromm, H.J., D.C. Bean and L.J. Miller, "Sulphur-Asphalt Pavement: Performance and Recycling", Proc., AAPT, 1981.

8. Morris, Gene R., Joseph A. DiVito and Nan Jim Chen, "Reflection Cracking Analysis of Asphalt Rubber Overlay on Rigid Pavement", Paper presented to AAPT, Kansas City, February, 1982.

9. Meyer, Frank, G. Robert Tessier, Ralph Haas and T.W. Kennedy, "Study of Hot Mix Recycling of Asphalt Pavements", Rept. submitted to RTAC, by the PMS Group, September, 1982.

Centre de développement
des transports
1000 o., rue Sherbrooke
Suite 2421
Montréal, Québec
H3A 2R3

Transportation
Development Centre
1000 Sherbrooke St. W.
Suite 2421
Montreal, Quebec
H3A 2R3

Transports Canada
Transport Canada

Développement
Development

TP 4057F

Étude sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers

Rapport sommaire

Préparé pour:

Centre de développement des transports
Transports Canada

et

Association des routes et transport du Canada

janvier 1983

CA1
DTC 801
83
S71Z
c.2

Canada

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSLA)
RECEIVED - REÇU LE
SEP 19 1983
Transport Canada / Transports Canada

TP 4057F

ÉTUDE SUR LES PRODUITS D'ADDITION ET DE REMPLACEMENT POUR LES BITUMES ROUTIERS

RAPPORT SOMMAIRE

Association des routes et transports du Canada
1765, boul. Saint-Laurent
Ottawa (Ontario)

Centre de développement des transports
1000, rue Sherbrooke ouest
Montréal (Québec)

Préparé par:

Pavement Management Systems Limited
R.R. n° 1, Paris (Ontario) N3L 3E1

Janvier 1983

(Also available in English)

COMITÉ D'ÉTUDE:

Le comité d'étude de Pavement Management Systems Limited était constitué des personnes suivantes:

Ralph Haas, ing. (Ph. D.)
Elaine Thompson (Ph. D.)
Frank Meyer, ing. (Ph. D.)
G.-Robert Tessier, ing. (M. Sc.)
Thomas W. Kennedy (Ph. D.)
Blair McArthur
et d'autres.

Le contenu du présent rapport ne reflète que les opinions de l'auteur et ne saurait en aucun cas engager les politiques et positions officielles du Centre de développement des transports (Transports Canada) et de l'Association des routes et transports du Canada.

©1983 Tous droits réservés par:
L'Association des routes et transports du Canada
1765, boul. Saint-Laurent, Ottawa (Ontario) K1G 3V4
Téléphone (613) 521-4052, télex 053-3334

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 4057F	4244	

4. Titre et sous-titre

Étude sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers

5. Date du rapport

Janvier 1983

6. N° du rapport de l'organisme exécutant

7. Auteur(s)

Ralph Haas, ing., Ph. D. — Frank Meyer, ing., Ph. D.
Elaine Thompson, Ph. D. — G.-Robert Tessier, ing., M. Sc.

8. N° de dossier Transports Canada

D-1465-307-7

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant

Association des routes et transports du Canada
1765, boulevard Saint-Laurent
Ottawa (Ontario) K1G 3V4

Pavement Management Systems Limited
R.R. 1, Paris (Ontario)
N3L 3E1

10. N° de dossier — ASC

T8900-0-0522

11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada

OSD81-00013

12. Nom et adresse de l'organisme parrain

Association des routes et transports du Canada
1765, boulevard Saint-Laurent
Ottawa (Ontario) K1G 3V4

Centre de développement des transports (CDT)
1000, rue Sherbrooke ouest
Suite 2421
Montréal (Québec) H3A 2R3

13. Genre de rapport et période visée

Rapport sommaire
(sept. 1981 - déc. 1982)

14. Code de l'organisme parrain

15. Remarques additionnelles

Sommaire du rapport TP 4058E

16. Agent de projet — CDT

Catherine Hirou

17. Résumé

Malgré ses excellentes propriétés comme liant dans les revêtements souples, le bitume présente malheureusement certains inconvénients; le coût et la disponibilité sont actuellement parmi les plus graves. En effet, stimulés par la demande mondiale, les coûts du pétrole et des fuels sont perpétuellement en hausse. Il devient donc indispensable de trouver de nouveaux produits pour remplacer une partie du bitume et améliorer, entre autres, la résistance et la durabilité des revêtements.

L'emploi des produits d'addition et de remplacement peut présenter divers avantages, notamment le remplacement d'une partie du bitume par un matériau moins coûteux, l'amélioration de la résistance structurale et (ou) de la durabilité du revêtement et, en conséquence, l'atténuation des problèmes d'oxydation et de désenrobage associés aux pratiques actuelles.

Ce projet avait pour objectif de faire le point des recherches en cours sur les produits d'addition et de remplacement afin qu'un programme complet et coordonné d'essais en laboratoire et sur le terrain puisse être entrepris au Canada.

L'étude a porté sur l'emploi actuel des produits d'addition et de remplacement du bitume par un matériau moins coûteux comme le soufre, des produits qui réduisent l'oxydation et améliorent la capacité de mouillage, l'adhésivité et les propriétés rhéologiques ainsi que des produits qui, dans les opérations de recyclage, restaurent les propriétés initiales du bitume. Le rapport formule un programme de recherche et d'essai visant à confirmer les conclusions de l'étude et à proposer une stratégie pour leur mise en oeuvre.

18 Mots-clés	19 Diffusion
Bitume, revêtements souples, résistance, durabilité, coût, disponibilité, combustibles, soufre	Nombre limité d'exemplaires disponible auprès de l'ARTC et du CDT

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non classifié	non classifiée	23	

CDT TDC 79-005

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2 TDC Project No	3. Recipient's Catalogue No.
TP 4057F	4244	

4. Title and Subtitle	5 Report Date
Étude sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers	January 1983
	6 Performing Organization Report No.

7. Author(s)		8 Transport Canada File No.
Ralph Haas, Ph.D., P.Eng.	Frank Meyer, Ph.D., P.Eng.	D1465-307-7
Elaine Thompson, Ph.D.	G.-Robert Tessier, MSc., ing.	

9. Performing Organization Name and Address		10 DSS File No.
Roads and Transportation Association of Canada 1765 St. Laurent Blvd. Ottawa, Ontario K1G 3V4	Pavement Management Systems Limited R.R. #1 Paris, Ontario N3L 3E1	T8200-0-0522
		11 DSS or Transport Canada Contract No. OSD81-00013

12. Sponsoring Agency Name and Address		13 Type of Report and Period Covered
Roads and Transportation Association of Canada 1765 St. Laurent Blvd. Ottawa, Ontario K1G 3V4	Transportation Development Centre (TDC) 1000 Sherbrooke St. W., Ste 2421 Montreal, Quebec H3A 2R3	Summary Sept/81-Dec/82
		14 Sponsoring Agency Code

15 Supplementary Notes	16 TDC Project Officer
Summary of Report TP 4058E	Catherine Hirou

17 Abstract

Bituminous cement (or asphalt) when used as a binder for flexible pavements has many excellent characteristics and, unfortunately, some deficiencies. Some of the worst deficiencies at present are price and availability. World demand for petroleum and fuel oils is driving prices continuously higher. It is becoming imperative that new additives or extenders be found which can substitute for part of the asphalt and which can improve qualities such as strength and durability of pavements.

Additives may be considered for a variety of expected benefits, such as a lower cost substitute for part of the asphalt fraction to enhance the structural strength and/or durability of the paving mixture and by corollary to ameliorate perceived deficiencies in present practice such as oxidation and stripping of the asphalt film from the aggregate.

The project objective was to prepare a report on current research into asphalt cement additives and extenders so that a comprehensive and coordinated program of Canadian experimentation and field testing can be initiated.

The study investigated current practice in the use of additives which replace some of the asphalt with a component of lower cost, such as sulphur; additives which reduce oxidation and improve wetting capabilities and adhesion and rheological properties; and additives which restore the original properties of asphalt in recycling operations. The report formulates a proposed research and testing program to confirm the findings of the study and to suggest an implementation strategy.

18 Key Words	19 Distribution Statement
bituminous cement, asphalt, flexible pavement, strength, durability, cost, availability, fuel, sulphur	limited number of copies available from sponsoring agencies

20. Security Classification (of this report)	21 Security Classification (of this page)	22 No. of Pages	23 Price
unclassified	unclassified	23	

TDC/CDT 79-005

PRÉAMBULE

L'étude sur laquelle porte le présent rapport a été motivée, d'une part, par le fait qu'il existe au Canada un grand nombre de problèmes importants concernant les revêtements de chaussées bitumineux et que ces problèmes ont des conséquences économiques considérables et, d'autre part, par la présence sur le marché d'un grand nombre de produits d'addition pour les bitumes routiers conçus pour pallier, sinon résoudre, les problèmes évoqués. Mais comme le domaine des produits d'addition est très complexe, et qu'il est difficile pour un organisme ou un responsable seul de faire le tri de toute la documentation publiée ou d'évaluer les nombreuses possibilités, la présente étude a été entreprise dans le but de définir une méthode d'évaluation des produits d'addition comme solution aux problèmes constatés.

Nous espérons que les résultats de cette étude, ainsi que les recommandations qui ont été faites, permettront aux organismes concernés de solutionner les problèmes avec lesquels ils sont aux prises.

Le présent document constitue le rapport sommaire de l'Étude sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers TP 4057E.

Nous remercions le Centre de développement des transports (CDT) de Transports Canada et le Conseil de recherche coopérative de l'Association des routes et transports du Canada (ARTC), d'avoir contribué au financement de cette étude, ainsi que le Conseil consultatif de la recherche et du développement des transports routiers (Transports Canada) d'avoir contribué à mettre sur pied le projet. La gestion du contrat a été assurée par M. John E. Hill du secrétariat de l'ARTC.

Nous remercions également les provinces, les municipalités, les fabricants, les fournisseurs et les personnes qui ont été d'une aide inestimable, ainsi que le comité de projet de l'ARTC d'avoir suivi l'avancement des travaux et d'avoir fourni de si bons conseils. Nous tenons à nommer les membres de ce comité; ils sont:

Président:	M. W.A. Phang	Ontario Ministry of Transportation and Communications
Directeur du projet:	M. J.E. Hill	Association des routes et transports du Canada
Membres:	M. W.W. Crawford	Gulf, Recherche et développement
	M. R.W. Culley	Department of Highways Saskatchewan
	M. F.A. Gervais	Department of Highways Nova Scotia

M. I. Gilbert	Centre de développement des transports, Transports Canada
M. J. Hode-Keyser	École polytechnique de Montréal
M. B.P. Shields	Alberta Research Council

Le comité d'étude était constitué de membres du personnel de Pavement Management Systems Limited et de plusieurs experts-conseils dont Ralph Haas, enquêteur principal, Elaine Thompson (Winnipeg), Frank Meyer, G.-Robert Tessier (Québec), Thomas W. Kennedy (Austin, Texas) et Blair McArthur.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Comité d'étude	ii
Formule de présentation du rapport	iii
Préambule	v
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	viii
1. INTRODUCTION	1
1.1 Objet du rapport	1
1.2 Objectifs du projet	1
1.3 Définitions	1
1.4 Pourquoi utiliser un produit d'addition ou de remplacement	2
2. PRINCIPAUX PROBLÈMES CONCERNANT LES REVÊTEMENTS BITUMINEUX AU CANADA ET RÔLE ÉVENTUEL DES PRODUITS D'ADDITION	2
2.1 La question fondamentale	2
2.2 Principaux problèmes concernant les revêtements bitumineux	3
2.3 Causes des principaux problèmes des revêtements bitumineux	6
2.4 Solutions possibles	6
3. TYPES DE PRODUITS D'ADDITION POUR BITUMES ROUTIERS DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ CANADIEN ET LEUR EMPLOI	10
4. ÉVALUATION DES PRODUITS D'ADDITION	10
4.1 Approche	10
4.2 Cadre général, critères et méthode d'évaluation	11
4.3 Produits d'addition les plus prometteurs	13
5. SITUATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE DE PRODUITS D'ADDITION	13
6. IDENTIFICATION DES BESOINS ET RECOMMANDATIONS EN MATIÈRE DE RECHERCHES	21
6.1 Considérations générales	21
6.2 Recommandations générales	23
7. CONCLUSION	25
Bibliographie	28

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau 1 - Principaux problèmes concernant les revêtements bitumineux au Canada 4

Tableau 2 - Principaux problèmes concernant les revêtements bitumineux et causes possibles 7

Tableau 3 - Principaux problèmes concernant les revêtements bitumineux et solutions éventuelles 8

Tableau 4 - Résultats sommaires de l'évaluation des produits d'addition 14

Tableau 5 - Produits d'addition les plus prometteurs comme solution aux problèmes des revêtements bitumineux 16

Tableau 6 - Estimation des quantités d'enrobés à chaud produites au Canada selon une enquête auprès des organismes provinciaux intéressés 19

Tableau 7 - Estimation de la demande éventuelle maximale pour les produits d'addition au Canada 20

Tableau 8 - Description de la situation actuelle et prévisions concernant l'offre de produits d'addition 22

Tableau 9 - Recommandations générales quant à la recherche à entreprendre sur les produits d'addition 26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Schéma d'une méthode d'évaluation des produits d'addition pour bitumes routiers 12

Figure 2 - Schéma des principales étapes d'un programme de recherche 24

1. INTRODUCTION

1.1 Objet du rapport

L'introduction du présent rapport contient une description succincte des objectifs du projet, une définition pratique des produits d'addition et des produits de remplacement et une énumération des fins auxquelles ces derniers peuvent être utilisés.

Sont ensuite énumérés les principaux problèmes que l'on rencontre au Canada en matière de revêtements bitumineux, ainsi que les divers types de produits d'addition disponibles sur le marché, leurs propriétés et le rôle qu'ils pourraient jouer dans la solution des problèmes évoqués. Une méthode d'évaluation de ces produits est présentée, puis appliquée pour identifier ceux qui sont le plus prometteurs. Cette évaluation est suivie d'un bref aperçu de la situation concernant l'offre et la demande des produits étudiés, puis de recommandations générales quant aux problèmes et produits qui devraient faire l'objet de recherches plus poussées.

1.2 Objectifs du projet

La question des produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers est plutôt complexe: d'une part, il existe une grande diversité de produits et un grand nombre de fournisseurs; d'autre part, les données concernant leur efficacité sont éparses et non convaincantes. Il n'est donc pas facile pour les organismes fédéraux, provinciaux et municipaux intéressés de déterminer s'il existe un produit apte à résoudre les difficultés avec lesquelles ils sont aux prises et, le cas échéant, quels seront les coûts d'utilisation et les résultats.

À partir de ces constatations, les objectifs suivants ont été définis pour le présent projet:

1. faire l'inventaire des données existantes sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers,
2. définir les principaux problèmes concernant les revêtements bitumineux au Canada et étudier la possibilité de les solutionner à l'aide de produits d'addition,
3. constater les divers types de produits d'addition que l'on trouve sur le marché, en déterminer les propriétés, puis vérifier la disponibilité de chacun et le degré d'utilisation qui en est fait,
4. faire l'évaluation des produits d'addition présentés en 3. et déterminer lesquels sont le plus prometteurs,
5. faire l'état de la situation de l'offre et de la demande des produits étudiés,
6. faire des recommandations concernant les questions ou les produits qui devraient faire l'objet de recherches.

1.3 Définitions

Aux fins de la présente étude, les produits d'addition et de remplacement ont été définis de la façon suivante:

Un produit d'addition est un produit que l'on ajoute au bitume avant ou durant l'enrobage, afin d'améliorer les propriétés et/ou le comportement en service du liant et/ou de l'enrobé ou, s'il s'agit d'un enrobé recyclé, de rétablir ou d'améliorer les propriétés du liant. Un produit de remplacement est un produit d'addition que l'on utilise en remplacement d'une proportion du bitume dans un enrobé, et qui peut, par surcroît, améliorer le comportement et la tenue en service du revêtement ou permettre de réaliser une économie.

Ces définitions excluent les matériaux servant à modifier la consistance des mélanges (c'est-à-dire les fines, granulats, etc.) ainsi que les bitumes fluides et les émulsions de bitume.

1.4 Pourquoi utiliser un produit d'addition ou de remplacement

On pourrait choisir d'utiliser un produit d'addition ou de remplacement pour les raisons suivantes:

1. résoudre totalement ou en partie un problème de revêtement de chaussées,

2. réaliser un avantage d'ordre: a) économique, b) écologique, c) énergétique ou d) technique.

La méthode d'évaluation des produits d'addition présentée plus loin tient compte de ces divers avantages.

2. PRINCIPAUX PROBLÈMES CONCERNANT LES REVÊTEMENTS BITUMINEUX AU CANADA ET RÔLE ÉVENTUEL DES PRODUITS D'ADDITION

2.1 La question fondamentale

Avant de choisir un produit d'addition quelconque, il faut d'abord se demander:

- si le produit est apte à résoudre le problème en question;

- le cas échéant, si les résultats obtenus justifient le coût d'emploi du produit;

- si le problème ne peut pas être résolu autrement, soit en changeant les constituants du mélange, soit en améliorant les procédés d'enrobage ou de mise en oeuvre, soit en modifiant la conception de l'ouvrage, etc.

En d'autres mots, il faut d'abord bien définir les problèmes, en déterminer les causes et étudier toutes les solutions offertes pour être en mesure de juger si l'utilisation du produit d'addition constitue la solution la plus efficace.

2.2 Principaux problèmes concernant les revêtements bitumineux

Une enquête effectuée auprès des organismes intéressés et s'adressant surtout aux provinces a fait ressortir les problèmes suivants, que l'on retrouve également énumérés au tableau 1.

Le désenrobage, problème le plus souvent mentionné, est peut-être à l'heure actuelle le problème le plus important au Canada comme aux États-Unis. Il s'agit du liant qui se décolle du granulat en présence d'eau. C'est un phénomène très complexe, dont les causes sont également complexes, et pour lequel il est difficile de trouver une solution efficace. Le désenrobage se manifeste de plusieurs façons, dont les suivantes: a) pelade, b) séparation du liant et du granulat à la base du revêtement bitumineux et c) formation d'une "boue" lorsque le bitume se mélange avec l'eau.

Le désenrobage est un problème relié aux conditions d'affinité du liant et du granulat; toutefois, d'autres facteurs peuvent avoir une influence sur l'importance du phénomène et la vitesse à laquelle il se produit, dont la proportion et la nature des vides, la proportion de liant, le type et la proportion de produit d'addition utilisé, la phase de l'eau (glace, eau liquide ou vapeur d'eau), la température, etc. De plus, il se produit entre ces divers facteurs des interactions plus ou moins importantes qui peuvent également accélérer le processus. Le problème du désenrobage a fait l'objet de nombreuses recherches, dont certaines ont été effectuées en Ontario (documents 2 et 3) et d'autres aux États-Unis (le premier document de la bibliographie traite plus amplement de ce sujet et renvoie à un grand nombre de documents connexes).

Il existe une grande diversité de traitements pour prévenir le désenrobage, dont plus de cent produits activants disponibles sur le marché nord-américain. On ne peut évaluer l'efficacité d'un traitement sans avoir recours à des essais sur le terrain. Toutefois, il est important de faire d'abord des essais en laboratoire pour déterminer l'affinité du liant et du granulat, et il existe à cette fin un grand nombre d'essais prédéfinis.

La fissuration due au froid est un des plus grands problèmes des revêtements bitumineux au Canada comme dans une grande partie des États-Unis. Ce problème a fait l'objet d'assez vastes recherches depuis la seconde moitié des années 60, et il existe maintenant une documentation abondante sur le sujet (documents 4 et 5).

La seule solution offerte, étant donné les matériaux et les procédés techniques actuels, est la réfection complète du revêtement bitumineux. L'application d'un nouveau revêtement par-dessus l'ancien n'est pas efficace, car les fissures existantes provoquent la fissuration du nouveau revêtement aux mêmes endroits. Par contre, comme il est expliqué plus loin, il se peut que l'interposition d'une couche de bitume-caoutchouc entre le revêtement fissuré et le nouveau revêtement puisse retarder ou réduire cet effet. D'autre part, on sait que le bitume-soufre est efficace, car il permet l'utilisation de liants beaucoup plus mous (documents 6 et 7).

TABLEAU 1

PRINCIPAUX PROBLÈMES CONCERNANT LES REVÊTEMENTS BITUMINEUX AU CANADA

A. Problèmes généraux les plus importants

Nature du problème	Étendue
Désenrobage des granulats	Partout au Canada, à des degrés divers.
Fissuration due au froid	Fréquent dans les régions ayant un indice de gel plus élevé (nord de la C.-B., de l'Ontario et du Québec, provinces des Prairies), mais constaté également dans d'autres régions.
Formation d'ornières	Partout au Canada, à des degrés divers.
Durcissement du liant	Partout au Canada; ne semble pas être relié à des conditions régionales.
Fluage	Partout au Canada; ne semble pas être relié à des conditions régionales.
Ségrégation dans le granulat	Constaté dans plusieurs régions où l'on fait usage de malaxeurs à tambours; n'est pas relié aux conditions climatiques ni à la circulation.
Propagation de fissures dans les les couches superficielles	Partout au Canada.
Difficulté d'obtenir une bonne consistance du liant dans les enrobés recyclés	Peut se produire dans n'importe quelle région du Canada.
Prix élevé des matériaux bitumineux*	

B. Problèmes importants mais plus localisés

Scellement des concassés dans les enduits de surface
Résistance au dérapage
Mise au point d'un revêtement de surface pour les routes à circulation intense
Rétention d'eau dans le granulat
Mise au point de procédés efficaces d'enrobage à froid pour le revêtement de routes secondaires

* Il ne s'agit évidemment pas d'un problème de comportement en service. Ce problème a été mentionné par un seul des organismes consultés, mais on peut supposer qu'il touche la plupart d'entre eux.

Plusieurs organismes ont mentionné la formation d'ornières comme étant un problème important, surtout dans le cas de routes à circulation intense. Ce problème est souvent relié à la composition de l'enrobé, à la conception du revêtement, ou même à la consistance du liant.

Il faudra donc étudier la possibilité d'agir sur ces facteurs avant d'envisager l'utilisation d'un produit d'addition. Par contre, s'il est nécessaire d'utiliser un liant plus mou pour obtenir une résistance convenable à la fissuration par temps froid, mais que ce liant n'est pas assez consistant pour résister aux conditions de circulation à des températures élevées, malgré une bonne composition du mélange, alors un produit d'addition tel que le soufre pourrait être d'un emploi avantageux.

Le durcissement du liant n'a pas été mentionné par tous les organismes consultés, mais se produit sans aucun doute à des degrés divers partout au Canada et aux États-Unis. Comme c'est le cas pour plusieurs autres problèmes, le durcissement du liant peut être attribuable davantage à la composition du mélange et à la mise en oeuvre qu'aux propriétés mêmes du liant, surtout si l'enrobage se fait à une température trop élevée et/ou si la proportion de vides dans le mélange est trop grande.

Un liant qui durcit donne un mélange cassant qui risque de se fissurer. De plus, au recyclage, il peut être nécessaire d'utiliser une proportion plus élevée de granulat neuf et/ou un liant plus mou, afin d'obtenir un mélange de la consistance voulue.

L'emploi d'un produit d'addition approprié pourrait être avantageux, dans la mesure où la composition du mélange est bien calculée et la mise en oeuvre bien exécutée. Dans ce cas, des antioxydants seraient probablement utilisés, comme il est expliqué plus loin.

Le fluage de l'enrobé est également relié à la composition du mélange et à la mise en oeuvre et, dans certains cas, à la consistance du liant. Selon le témoignage de plusieurs organismes provinciaux, le fluage se produit le plus souvent sur les routes à circulation lourde.

La meilleure solution au problème consiste peut-être encore à bien doser le mélange, à soigner la mise en oeuvre et à choisir un liant approprié aux conditions de service. Dans le cas des enduits antidérapants, l'addition de latex peut être utile pour empêcher l'écoulement du liant en cours de transport et le fluage de l'enrobé en cours de service.

Plusieurs organismes ont mentionné la ségrégation du granulat. Ce problème est donc inclus dans le tableau 1, bien qu'il ne soit pas relié au bitume comme tel, mais plutôt, à ce qu'il semble, au procédé d'enrobage et, plus particulièrement, à l'enrobage en tambour.

La propagation des fissures aux couches superficielles constitue un problème important partout au Canada. Il s'agit en fait du même problème que celui de la fissuration par le froid, ou des joints dans un revêtement de béton de ciment Portland.

On peut corriger une chaussée fissurée en recyclant le revêtement au complet. Toutefois, cette solution n'est pas toujours pratique, ni économique; par exemple, lorsque l'on veut soumettre une partie de la chaussée au fraisage à froid ou lorsque le décapage de la chaussée ne peut se faire sans entraîner des éléments des couches sous-jacentes qui risquent de trop contaminer l'enrobé recyclé.

L'interposition d'une membrane bitume-caoutchouc entre le revêtement fissuré et le nouveau revêtement s'est avérée très efficace en Arizona (document 8), mais trop peu d'essais ont été faits jusqu'à ce jour pour permettre de s'attendre à un même résultat dans les régions du Nord.

Plusieurs organismes ont fait ressortir la difficulté d'obtenir dans les enrobés recyclés un liant qui ait la consistance voulue: on obtient soit une pénétration insuffisante à 25°C, soit une viscosité trop élevée à 60°C. On peut résoudre cette difficulté en utilisant une plus forte proportion de granulat neuf, ce qui permet d'utiliser également une plus forte proportion de bitume neuf et plus mou ou des produits de régénération.

Le prix élevé des matériaux bitumineux (tableau 1) est un point qui ne demande pas d'explication. Bien qu'un seul des organismes consultés l'ait mentionné, tous seraient sans doute d'accord sur l'importance de ce facteur.

2.3 Causes des principaux problèmes des revêtements bitumineux

On peut trouver plusieurs causes possibles pour expliquer les problèmes énumérés en A au tableau 1 et, une fois les causes déterminées, chercher les solutions offertes.

Le tableau 2 associe les problèmes soulevés à huit causes possibles qui, bien qu'elles soient plutôt générales, peuvent aider à trouver des solutions.

2.4 Solutions possibles

Certaines causes évoquées au tableau 2 suggèrent d'emblée une solution; par exemple, si la formation d'ornières est attribuable à la composition de l'enrobé, on prendra soin de formuler cette composition en tenant compte de la circulation prévue, des conditions climatiques et de tout autre facteur pertinent.

Mais il faudrait aussi voir si l'on ne pourrait pas judicieusement résoudre les problèmes soulevés par l'emploi de produits d'addition appropriés, en étudiant d'abord les causes du problème, puis a) en cherchant un produit d'addition dont l'emploi semblerait efficace et préférable à toute autre solution possible; b) en vérifiant si ce produit a déjà été utilisé pour résoudre le problème en question et, le cas échéant, s'il s'est avéré efficace, si l'emploi s'est répandu, etc.

Le tableau 3 présente certaines réponses à ces questions. Le point de vue est subjectif; il reflète les opinions et l'expérience des auteurs.

TABLEAU 2

PRINCIPAUX PROBLÈMES CONCERNANT LES REVÊTEMENTS BITUMINEUX ET CAUSES POSSIBLES

Problème	Causes possibles								
	Type ou nature du liant	Nature du granulat	Composition	Procédé d'enrobage ou contrôle à la sortie du malaxeur	Procédés de mise en oeuvre ou contrôle de l'exécution	Facteurs écologiques ou régionaux	Facteurs de circulation	Conception du revêtement	Remarques
Désenrobage	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Fissuration due au froid	✓					✓			Pourrait être attribuable, dans une faible mesure, à la nature du granulat et à la composition du mélange
Formation d'ornières	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
Durcissement du liant	✓		✓	✓	✓	✓			
Fluage			✓	✓	✓	✓	✓		
Ségrégation dans le granulat				✓	✓				
Propagation de fissures dans les couches superficielles						✓		✓	La nature du liant et la composition du mélange pourraient avoir une certaine importance (dans le cas où une membrane amortisseuse est interposée)
Consistance du liant dans les enrobés recyclés	✓		✓	✓					
Prix élevé des matériaux bitumineux	✓		✓						La cause principale, si l'on peut dire, est le prix du bitume

TABLEAU 3

PRINCIPAUX PROBLÈMES CONCERNANT LES REVÊTEMENTS BITUMINEUX
ET SOLUTIONS ÉVENTUELLES

A. Problèmes généraux les plus importants

Nature du problème	Des produits d'addition ont-ils déjà été utilisés?	Y aurait-il avantage à utiliser un produit d'addition?			Efficacité de solutions classiques
		Oui	Non	Aucune donnée	
Désenrobage	Oui (activants)	✓			Contrôle de la proportion de vides - très avantageux
Fissuration due au froid	Oui (soufre et bitume mou)	✓			Permet l'utilisation de liants plus mous ou moins sensibles aux variations de température
Formation d'ornières	Oui (soufre)	✓			Choix des matériaux et composition du mélange - peuvent résoudre le problème
Durcissement du liant	Oui (antioxydants)	✓			Contrôle de l'opération d'enrobage et de la proportion de vides - très avantageux
Fluage	Pas spécifiquement			✓	Composition du mélange - grande importance
Ségrégation dans le granulat	Aucune donnée		✓		Modification des installations - peut être avantageuse
Propagation de fissures dans les couches superficielles	Oui (bitume-caoutchouc et tissus)			(pour les régions du Nord) ✓	Aucun traitement pratique et efficace connu
Consistance du liant dans les enrobés recyclés	Oui (produits de régénération)	✓			On pourrait résoudre le problème en utilisant du bitume mou et un granulat neuf en proportions suffisantes
Prix élevé des matériaux bitumineux	Oui (soufre)	✓			S.O.

B. Problèmes importants mais plus localisés

				#	Remarques
Scellement des concassés dans les enduits de surface	Aucune donnée			✓	
Résistance au dérapage	Oui (gros granulat de caoutchouc et verglimit)			✓	Produits d'addition contre le verglas
Mise au point d'un revêtement de surface pour les routes à circulation intense	Aucune donnée	✓			
Rétention d'eau dans le granulat	Oui (silicone)	✓			
Mise au point de procédés efficaces d'enrobage à froid pour le revêtement de routes secondaires	Aucune donnée			✓	

3. TYPES DE PRODUITS D'ADDITION POUR BITUMES ROUTIERS DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ CANADIEN ET LEUR EMPLOI

Un inventaire des fournisseurs et de leurs clients a servi à déterminer les divers types de produits d'addition pour bitumes routiers disponibles sur le marché canadien, ainsi que leur provenance, les postes de vente, l'offre, le prix, etc. Le premier document de référence cité dans la bibliographie contient toutes ces informations, ainsi qu'une description fonctionnelle des produits dénombrés (composition chimique ou source) et les quantités qu'emploient divers organismes canadiens.

Les produits d'addition pour bitumes routiers ne sont pas très employés au Canada, surtout parce que leur efficacité et leur rentabilité ne sont pas encore établies. Cela témoigne du besoin d'un programme canadien de recherches en laboratoire et sur le terrain pour vérifier l'efficacité des produits qui semblent prometteurs et mettre au point une méthode d'évaluation des autres produits qui seront éventuellement mis sur le marché.

Les principaux types de produits d'addition disponibles sur le marché canadien et utilisés soit dans le cadre de recherches, soit à titre d'essai, soit dans des projets, sont les suivants:

1. des antioxydants,
2. des activants: (a) tensio-actifs cationiques, b) naphténate de fer, (c) chaux hydratée et (d) silanes,
3. le noir de carbone,
4. des agents anti-mousse (silicone),
5. des polymères: (a) latex, tels que le néoprène et le styrène-butadiène, (b) granulat de caoutchouc vulcanisé provenant du déchiquetage de pneus, (c) granulat de caoutchouc sec provenant du latex, (d) plastiques, tels que mélanges de polyéthylène et de polypropylène broyés et (e) Chem Crete,
6. des produits de régénération: extraits d'huile de graissage, soit à forte teneur en hydrocarbures aromatiques, soit à faible teneur en hydrocarbures aromatiques et à forte teneur en hydrocarbures saturés,
7. des produits de remplacement (soufre).

4. ÉVALUATION DES PRODUITS D'ADDITION

4.1 Approche

La méthode d'évaluation proposée a été conçue pour aider l'ingénieur(e) ou le (la) technologue d'un organisme client à: a) déterminer si un problème de revêtement donné peut être solutionné par l'emploi d'un produit d'addition approprié; b) évaluer le produit d'addition proposé par un fournisseur ou un

fabricant; c) faire le tri d'une gamme de produits d'addition divers parmi lesquels l'organisme envisage de choisir; d) analyser un produit d'addition porté à l'attention de l'organisme par d'autres organismes intéressés, par la voie de la publicité, etc.

L'avantage d'une évaluation méthodique est qu'elle permet a) de comparer divers produits d'addition, b) de faire une évaluation qui soit le moins arbitraire possible de n'importe quel produit et c) de présenter aux fournisseurs ou aux fabricants les critères selon lesquels leurs produits seront évalués. L'adoption d'une méthode d'évaluation sera également avantageuse pour les fournisseurs et les fabricants; elle leur indiquera quelle information fournir aux clients afin de stimuler la vente de leurs produits.

4.2 Cadre général, critères et méthode d'évaluation

La figure 1 présente un schéma destiné à servir de cadre général à l'évaluation d'un produit d'addition. Il comporte six grands critères d'évaluation, soit les facteurs économique, écologique, physique et énergétique, ainsi que les questions de disponibilité et de possibilité de recyclage. Toute évaluation sera vraisemblablement motivée par l'une ou l'autre des quatre situations évoquées en haut du schéma.

Les six critères d'évaluation formulés s'appliquent directement aux problèmes définis plus tôt. C'est-à-dire que face à un problème donné, un organisme voudra non seulement déterminer si tel produit connu ou suggéré est apte à apporter la solution voulue (critère C), mais il voudra également déterminer si le produit constitue une solution économique, s'il ne présente pas de danger pour l'environnement, s'il n'entraîne pas une dépense accrue d'énergie, s'il est possible de se le procurer facilement et s'il a des répercussions sur le recyclage de l'enrobé (critères A, B et D à F).

Après avoir recueili le plus d'information possible en rapport avec chacun des critères d'évaluation, on procédera à un résumé (en G de la figure 1) pour: 1) constater la valeur des données recueillies et 2) évaluer le produit de façon globale et générale, selon qu'il semble très prometteur, pas suffisamment prometteur pour en justifier l'essai, etc.

Les six critères précités ont servi à l'élaboration de la méthode d'évaluation des produits d'addition proposée. Cette méthode a donné lieu à un formulaire d'évaluation détaillé, que l'on peut trouver, suivi d'exemples, dans le premier document de référence.

L'ingénieur(e) ou le (la) technologue responsable pourrait évaluer les produits d'addition qui lui sont soumis en suivant ce formulaire. Un client éventuel pourrait aussi remettre ce formulaire à un représentant de commerce qui lui propose un nouveau produit, en lui disant que ce sont là les critères sur lesquels sera fondé son choix, et en lui demandant de répondre au plus grand nombre de questions possible. L'adoption du formulaire d'évaluation serait avantageuse et pour les fournisseurs et pour les organismes intéressés, en ce qu'elle rendrait le processus d'évaluation uniforme et objectif.

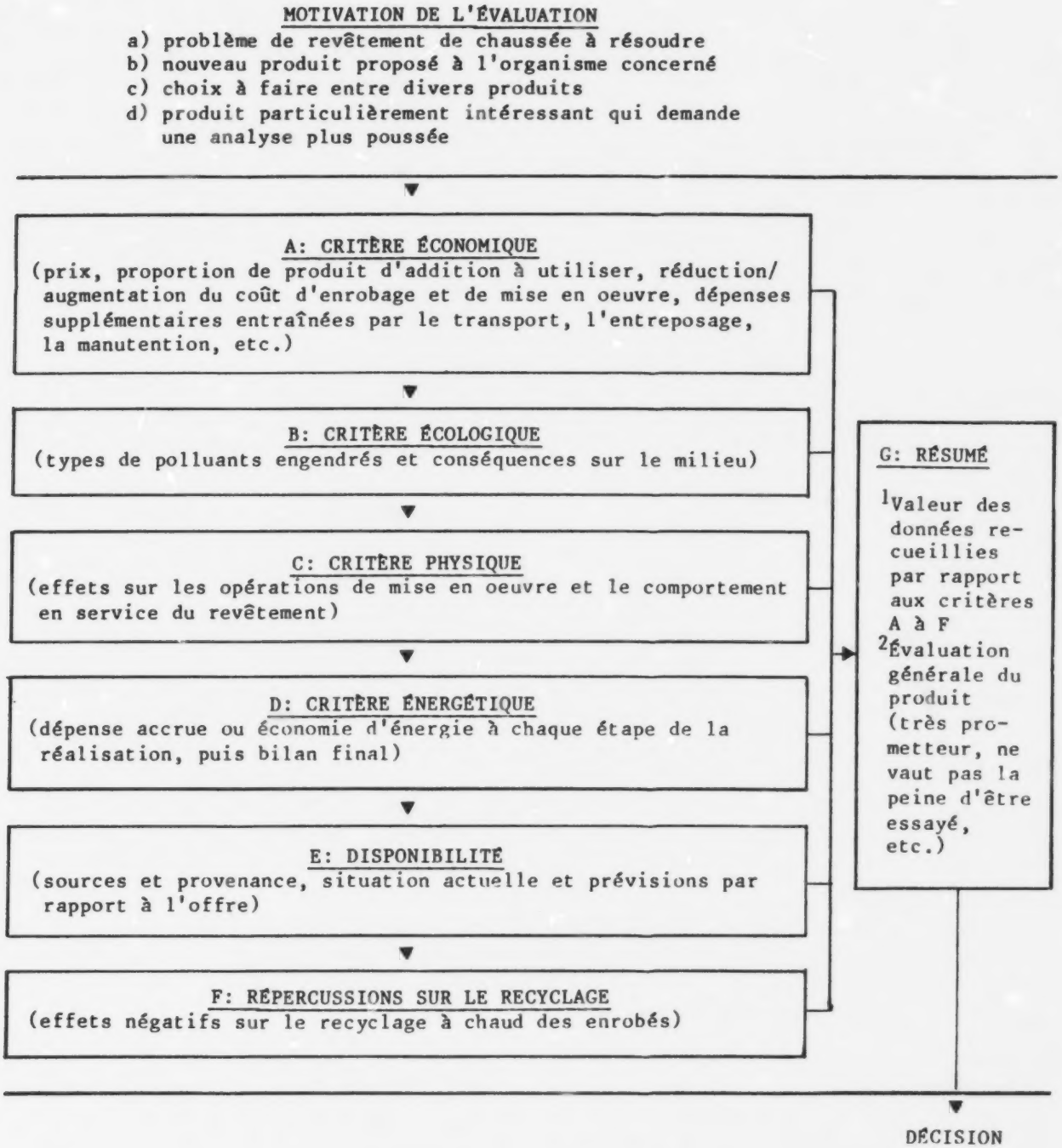
MOTIVATION DE L'ÉVALUATION
a) problème de revêtement de chaussée à résoudre
b) nouveau produit proposé à l'organisme concerné
c) choix à faire entre divers produits
d) produit particulièrement intéressant qui demande une analyse plus poussée
A: CRITÈRE ÉCONOMIQUE
(prix, proportion de produit d'addition à utiliser, réduction/augmentation du coût d'enrobage et de mise en oeuvre, dépenses supplémentaires entraînées par le transport, l'entreposage, la manutention, etc.)
B: CRITÈRE ÉCOLOGIQUE
(types de polluants engendrés et conséquences sur le milieu)
C: CRITÈRE PHYSIQUE
(effets sur les opérations de mise en oeuvre et le comportement en service du revêtement)
D: CRITÈRE ÉNERGÉTIQUE
(dépense accrue ou économie d'énergie à chaque étape de la réalisation, puis bilan final)
E: DISPONIBILITÉ
(sources et provenance, situation actuelle et prévisions par rapport à l'offre)
F: RÉPERCUSSIONS SUR LE RECYCLAGE
(effets négatifs sur le recyclage à chaud des enrobés)
G: RÉSUMÉ
1 Valeur des données recueillies par rapport aux critères A à F
2 Évaluation générale du produit (très prometteur, ne vaut pas la peine d'être essayé, etc.)
DÉCISION

Figure 1 - Schéma d'une méthode d'évaluation des produits d'addition pour bitumes routiers

4.3 Produits d'addition les plus prometteurs

Les produits d'addition disponibles sur le marché ont été évalués suivant la méthode proposée et les résultats sont compilés au tableau 4.

Le fait qu'un produit d'addition ait été jugé prometteur ne garantit pas son aptitude à résoudre un problème donné. L'efficacité du produit reste à déterminer par l'usager à partir de plus amples recherches ou d'essais. Néanmoins, les résultats de l'évaluation peuvent être utiles si l'on associe les produits prometteurs avec les problèmes énumérés au tableau 1.

Le tableau 5 fait cette association des problèmes de revêtements à résoudre avec les produits d'addition qui semblent prometteurs, selon les résultats du tableau 4. Bien que le tableau 5 n'ait pas besoin d'explications, signalons les produits suivants parmi les plus prometteurs:

1. les activants (tensio-actifs cationiques, naphténate de fer, chaux hydratée, silanes),

2. le caoutchouc, pour couches intermédiaires destinées à empêcher les fissures d'un revêtement de se propager aux couches superficielles,

3. le soufre, pour réduire la fissuration due au froid et la formation d'ornières et, lorsque le prix le justifie, pour remplacer une proportion du bitume,

4. les produits de régénération, pour donner au liant la consistance voulue dans les mélanges recyclés.

Les données existantes concernant les propriétés de ces produits, les applications qui en ont été faites, etc., ont été recueillies dans le premier document de référence. Y sont également répertoriées les publications qui en traitent.

L'évaluation d'un produit d'addition devrait tenir compte du facteur économique, et la seule façon valable de le faire est de tenir compte de la durée en service, et non seulement du coût initial du revêtement. Malheureusement, aucune donnée sur ce sujet n'est encore disponible. Le premier document de référence présente une méthode pour faire l'évaluation économique d'un produit d'addition, suivie d'un exemple hypothétique.

5. SITUATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE DE PRODUITS D'ADDITION

La demande éventuelle maximale de produits d'addition est fonction de la quantité d'enrobé à chaud produite. La demande réelle peut n'être qu'un faible pourcentage de cette valeur. Il est possible de calculer la demande réelle dans une région donnée à partir a) de la quantité d'enrobé à chaud produite dans cette région, auquel serait additionné le produit en question, b) de la quantité maximale de produit d'addition que cela représente et c) de la pénétration du produit dans cette région. Ce dernier facteur est difficile à estimer (il faudrait une bonne étude de marché); il est fonction de l'efficacité

TABLEAU 4 - RÉSULTATS SOMMAIRES DE L'ÉVALUATION DES PRODUITS D'ADDITION

PRODUITS D'ADDITION	ÉVALUATION DES DONNÉES					ÉVALUATION GÉNÉRALE DES PRODUITS			
	abondantes	amplement suffisantes	suffisantes	plutôt rares	pratiquement inexistantes	Prometteur; peut être utilisé	Prometteur; mérite d'être employé à l'essai	Données insuffisantes; essais en laboratoire	Ne vaut pas la peine d'être essayé
Antioxydants	Données plutôt rares. (Les résultats auxquels sont arrivés plusieurs chercheurs ne concordent pas et ne permettent pas grand espoir. Une étude a été effectuée sur les dialkylcarbamates de plomb; tous les essais ont indiqué que ces produits sont efficaces, mais à des degrés divers selon le bitume utilisé (document 24, chap. 3.))					Prometteur; employer à l'essai; attention aux points d'ébullition et aux températures de décomposition de certains produits dans les mélanges à chaud.			
Activants		Données amplement suffisantes. (Les activants ne sont pas également efficaces avec tous les liants et les granulats; il faut donc, dans chaque cas, faire l'essai de plusieurs activants avec le bitume et le granulat choisis afin de déterminer celui qui est le plus efficace.)					Prometteur; vérifier d'abord par des essais en laboratoire la compatibilité de l'activant avec le granulat et le liant utilisés.		
Noir de carbone					Données pratiquement inexistantes. (Aucun rapport n'a été publié au Canada. Un essai a été effectué en 1978 par le MTC.) Selon certains rapports américains, il semble que l'addition de noir de carbone améliore la tenue au froid du revêtement. Mais l'amélioration ne serait peut-être pas suffisante en climat canadien.			Probablement inutile en climat canadien.	
Anti-mousse	Données abondantes. On utilise couramment les produits DC-200 et APA-5.						Prometteur; peut être utilisé s'il y a un besoin.		
Polymères		Caoutchouc vulcanisé: Données amplement suffisantes. (Un grand nombre de rapports ont été publiés aux États-Unis sur l'utilisation du bitume-caoutchouc pour couches de scellement et couches intermédiaires. À l'heure actuelle, la Saskatchewan en fait une utilisation assez importante dans les couches de scellement.)					Prometteur; peut être utilisé.		

	Données suffisantes. (L'incorporation du caoutchouc vulcanisé aux enrobés à chaud est un procédé récent. Les résultats ne sont pas encore bien connus.) Latex: Données suffisantes à amplement suffisantes. (La tenue des enrobés additionnés de latex est grandement améliorée à température ambiante; le comportement par grands froids canadiens (-20 à -40°C) n'est pas encore connu.) Polymères et caoutchoucs rigides: Données suffisantes. (Il est difficile d'obtenir une distribution uniforme du produit dans le bitume. Il faut vérifier la compatibilité du produit avec le bitume. Il existe peu de données sur la tenue aux températures de -20 à -40°C.) Chem Crete: Données plutôt rares. (Quelques rapports seulement ont été publiés.)	Prometteur; employer à l'essai. Manque de données concernant l'utilisation en climat canadien. Faire des essais en laboratoire pour déterminer les propriétés de la couche de scellement et du mélange. Ne vaut pas la peine d'être essayé, sauf avec un bitume mou. Vérifier la tenue au froid par des essais en laboratoire avant de procéder à des essais sur le terrain.
Produits de régénération	Données suffisantes. (Aucune évaluation du comportement à long terme de revêtements recyclés n'a encore été publiée.)	Prometteur; peut être utilisé. Il serait très intéressant d'effectuer des essais sur le terrain mettant en oeuvre plusieurs produits de régénération sur différents tronçons d'une même route; toutefois, il faudrait d'abord faire les essais nécessaires en laboratoire.
Soufre	Données amplement suffisantes. (Il n'y a aucun doute que les revêtements se ramollissent moins sous l'effet de la chaleur. Il n'a toutefois pas encore été établi que la durée en service du revêtement est augmentée. Par contre, on sait que la fissuration par le froid est réduite, l'addition de soufre permettant d'utiliser un liant plus mou, et que la formation d'ornières est également diminuée. La pratique a montré que le soufre est très efficace en remplacement d'une partie du bitume; un bon nombre de chaussées ont été recouvertes d'enrobés de bitume-soufre dans le cadre de contrats types.)	Prometteur; peut être utilisé si l'emploi en est rentable; sinon, il y aurait intérêt à mettre en oeuvre un nombre restreint de revêtements de bitume-soufre afin de déterminer le comportement à long terme dans une région donnée.

TABLEAU 5 - PRODUITS D'ADDITION LES PLUS PROMETTEURS COMME SOLUTION AUX PROBLÈMES DES REVÊTEMENTS BITUMINEUX

PROBLÈMES	PRODUITS D'ADDITION	REMARQUES
Désenrobage	Activants (tensio-actifs cationiques, naphténate de fer, chaux hydratée, silanes)	Pour chaque mélange, faire d'abord l'essai de plusieurs produits afin de choisir le plus efficace pour les conditions données.
Fissuration due au froid	Soufre et bitume mou	
Formation d'ornières	Bitume-soufre	Le produit Chem Crete pourrait être utile pour empêcher la formation d'ornières. Par contre, on a constaté en Colombie-Britannique un degré de fissuration important. Il faut dire que l'on n'avait pas utilisé un bitume spécial.
Durcissement du liant	Antioxydants	Les antioxydants doivent être solubles dans le bitume et stables aux températures d'enrobage. L'efficacité des antioxydants n'est pas bien établie.
Fluage	Aucun	
Ségrégation dans le granulat	Aucun	
Propagation de fissures dans les couches superficielles	Peut-être, couche intermédiaire de bitume-caoutchouc	L'efficacité en climats froids de ces matériaux n'a pas encore été démontrée, même quand ils incorporaient une armature tissée au cours d'essais limités.
Consistance du liant dans les enrobés recyclés	Produits de régénération	Aucun contrôle ni aucun essai à long terme n'ont été effectués qui permettent de recommander l'emploi de bitumes mous plutôt que d'huiles aromatiques. L'évaluation en laboratoire des produits de régénération ne devrait pas porter sur le seul critère de la viscosité (pénétration).
Prix élevé des matériaux bitumineux	Aucun	Une partie du bitume peut être remplacée par du soufre lorsque les prix le justifient.

Scellement des concassés dans les enduits de surface	Caoutchouc au latex dispersé dans du bitume chaud ou dans des émissions de bitume	Procédé peu utilisé. Toutefois, l'adhérence d'un enduit de bitume-caoutchouc laisse peu de doutes quant à l'efficacité de ce produit, dans la mesure, bien entendu, où la mise en oeuvre assure un bon mouillage du concassé.
Résistance au dérapage	Granulat de caoutchouc vulcanisé de 3,175 mm contre le verglas	Le granulat de caoutchouc s'est avéré très efficace en Alaska. Le Verglimit s'est montré efficace à des températures allant jusqu'à -8°C à l'Î. du P.-É., mais d'aucune utilité pour les hivers du Manitoba.
Mise au point d'un revêtement de surface pour les routes à circulation intense	Des produits spéciaux tels que Actiflex, Styrelf et Recopave, contenant tous des polymères, sont en vente sur le marché.	Ces produits n'ont pas été évalués au Canada, et la France et les États-Unis n'ont publié aucun rapport d'évaluation.
Rétention d'eau dans le granulat	DC-200, APA-5 (diméthylpolysiloxane)	N'élimine pas l'humidité, mais empêche la formation d'écume et l'affaissement causés par la présence de l'eau.
Mise au point de procédés efficaces d'enrobage à froid pour les revêtements de routes secondaires	Aucun produit connu	Il s'agirait de produits de marque déposée incorporés à une émulsion MS ou SS ou à un cut-back MC ou SC appropriés, afin de favoriser le mouillage du granulat et l'adhérence du liant au granulat.

établie du produit, de son prix de vente, de la différence de coût de fabrication qu'il entraîne par tonne d'enrobé produite, de l'effort de vente dans la région, de la disponibilité, etc.

Il n'a pas été possible, dans le cadre de la présente étude, de définir de façon rigoureuse la situation concernant l'offre et la demande de produits d'addition, pour les raisons suivantes: (a) il n'existe pas suffisamment de données; (b) la plupart, sinon tous les produits étudiés, sont très peu utilisés au Canada; (c) la demande variera vraisemblablement en fonction de l'efficacité et de la rentabilité du produit (facteurs qui n'ont pas encore été établis dans le cas de la plupart des produits étudiés); (d) il ne semblait pas y avoir d'insuffisance du point de vue de l'offre pour aucun des produits étudiés.

Par conséquent, il a été décidé d'examiner la situation d'abord du point de vue de la demande et, à cet effet, d'essayer d'établir la demande éventuelle maximale de produits d'addition à partir de la quantité d'enrobé à chaud produite. Cette donnée pourrait être utile aussi bien aux fabricants et aux fournisseurs qu'aux organismes clients, puisqu'elle leur permettrait d'estimer les possibilités de vente et de calculer la part du marché qui leur est acquise.

Mais les consommateurs de produits d'addition pour bitumes routiers (organismes provinciaux de transport, municipalités, associations marchandes, etc.) sont surtout intéressés à savoir s'il continuera d'y avoir une offre suffisante de ces produits et à quel prix.

Une enquête a été effectuée auprès des organismes intéressés, dans le cadre de la présente étude et d'un projet parallèle de l'ARTC (projet n° 9) intitulé: Étude du recyclage à chaud des enrobés bitumineux, dans le but de déterminer les quantités d'enrobé à chaud actuellement produites par les provinces et d'estimer les quantités qui seront produites dans les années à venir. Les résultats de l'enquête ainsi que les prévisions pour les années 1981 à 1990 sont résumés au tableau 6. On pourra constater que les productions totales anticipées sont plutôt constantes.

Le tableau 7 contient une estimation de la demande éventuelle maximale pour les produits d'addition qui se sont révélés prometteurs, faite à partir des productions estimées d'enrobés à chaud (tableau 6) et de la proportion de produit d'addition utilisée dans le bitume.

La demande pour les produits énumérés ne représente à l'heure actuelle qu'un faible pourcentage des estimations du tableau 7. C'est-à-dire que les produits ne sont pas très répandus sur le marché. Par exemple, la demande annuelle moyenne pour le soufre pourrait être de 900 000 tonnes, alors qu'elle est de moins de 1% de cette quantité. Cette situation est attribuable dans une large mesure au prix d'achat du soufre ainsi qu'au coût du transport depuis l'Ouest du Canada jusqu'aux différents postes de vente.

Aucune estimation de la demande actuelle pour les produits d'addition énumérés au tableau 7 n'a été faite; tant que leur efficacité et leur rentabilité n'auront pas été établies, la demande demeurera vraisemblablement très faible, aussi bien en termes absolus qu'en termes de pourcentage du marché.

TABLEAU 6

ESTIMATION DES QUANTITÉS D'ENROBÉS À CHAUD PRODUITES AU CANADA
SELON UNE ENQUÊTE AUPRÈS DES ORGANISMES PROVINCIAUX INTÉRESSÉS

Région	Provinces Moyenne annuelle pour 1981-1990 (tonnes x 10^6)	Municipalités et secteur privé Moyenne annuelle pour 1981-1990 (tonnes x 10^6)	Quantité totale de bitume par année (tonnes x 10^6)*
C.-B. et Prairies	6,2	↓	↓
Ontario et Québec	6,7		
Provinces de l'Est	1,9		
Totaux approx.	15	15	1,5

* Calculée à 5% de la masse d'enrobé (c.-à-d. 0,05 x 30 x 10^6 = 1,5 x 10^6)

Tonne = tonne métrique

TABLEAU 7

ESTIMATION DE LA DEMANDE ÉVENTUELLE MAXIMALE POUR LES PRODUITS D'ADDITION AU CANADA

Produits d'addition	Taux normal d'utilisation	Demande éventuelle totale (en tonnes par année)	Remarques
1. Antioxydants	?	?	Utilisation très limitée et données pratiquement inexistantes
2. Activants	0,1 à 1,0% de la masse de bitume (sauf dans le cas de la chaux hydratée)	1 125 à 11 250	Sans compter la production du secteur privé
3. Anti-mousse	1 partie par 5000 parties de bitume	225	Sans compter la production du secteur privé
4. Polymères	3% de la masse d'enrobé	675 000	Sans compter la production du secteur privé
5. Soufre	3% de la masse d'enrobé	900 000	Sans compter la production du secteur privé
6. Produits de régénération	Supposer que 25% de la production provient du recyclage, et que les produits de régénération constituent 2,5% de la masse d'enrobé	187 500	Toute la production d'enrobés à chaud comprise

La présente étude a très vite permis de constater qu'il n'était pas nécessaire d'établir des chiffres précis quant à l'offre des produits étudiés; on ne constate ni n'anticipe aucune insuffisance, sauf peut-être dans le cas du soufre, et une estimation de l'offre de ce produit est présentée dans le premier document de référence.

Le tableau 8 présente une description de la situation actuelle du point de vue de l'offre des produits prometteurs, d'après les réponses obtenues des fournisseurs, des fabricants et des organismes clients et les discussions entretenues avec leurs représentants.

6. IDENTIFICATION DES BESOINS ET RECOMMANDATIONS EN MATIÈRE DE RECHERCHES

6.1 Considérations générales

Avant d'utiliser un produit d'addition qui se soit révélé prometteur à l'occasion d'une évaluation comme celle préconisée dans le présent document, ou autrement, ou qui ait été signalé à l'attention de l'organisme intéressé, il faut d'abord se demander:

1. s'il n'existe pas d'autre information pertinente qu'il serait utile de connaître,

2. s'il y a intérêt à ne faire d'abord que des essais en laboratoire, ou

3. s'il vaut mieux effectuer simultanément des essais en laboratoire et un essai limité sur le terrain (ne comportant peut-être qu'une démonstration de la mise en oeuvre et quelques observations concernant le comportement et la tenue en service), ou

4. s'il est préférable d'effectuer simultanément des essais en laboratoire et toute une gamme d'essais sur le terrain.

Vu l'envergure nationale du projet de recherches, il faut également se demander comment coordonner les essais en laboratoire et sur le terrain effectués par les divers organismes fédéraux, provinciaux et municipaux et les industries intéressés. La collaboration entre ces diverses parties est sans doute souhaitable, mais suppose un problème d'intérêt général, des objectifs très clairement définis et un programme de recherche soigneusement élaboré. Citons en exemple le programme auquel ont participé, fin des années 50 et début des années 60, toutes les provinces du Canada et plusieurs organismes fédéraux, et qui a abouti, en 1965, au document intitulé: A Guide to the Structural Design of Flexible and Rigid Pavements in Canada, publié par l'Association canadienne des bonnes routes (devenue l'ARTC). Un programme semblable a permis à l'ARTC de publier, en 1977, le Pavement Management Guide (Guide de gestion routière).

Le succès de ces entreprises collectives s'explique non seulement par une volonté de travailler en collaboration, mais aussi par un effort de coordination des essais effectués par les diverses parties intéressées: objets de recherches complémentaires, méthodes communes, démarche et résultats bien documentés.

TABLEAU 8

DESCRIPTION DE LA SITUATION ACTUELLE ET PRÉVISIONS CONCERNANT L'OFFRE DE PRODUITS D'ADDITION

Produits d'addition	Situation
1. Antioxydants	Il semble que l'offre suffira amplement à la demande (qui demeurera probablement faible au moins quelques années encore).
2. Activants	On compte plusieurs types de produits activants, et plusieurs fournisseurs. Aucune insuffisance n'est anticipée, même si la demande devait augmenter.
3. Agents anti-mousse	Aucune insuffisance prévue pour les produits utilisés.
4. Polymères	Il devrait continuer à y avoir des pneus de rebut en quantité abondante. Toutefois, si la demande pour le granulat de caoutchouc devait augmenter rapidement, il pourrait y avoir une insuffisance temporaire dans certaines régions. L'offre de latex devrait suffire à la demande.
5. Produits de régénération	Les sources d'huile de graissage devraient continuer à fournir une production suffisante.
6. Soufre	Le soufre natif ne devrait pas manquer au moins avant 1990 (voir section 6.6).

Il ne faut surtout pas oublier que même si un programme de recherche porte sur l'évaluation de produits d'addition et de remplacement, comme il est recommandé dans le présent rapport, le but premier est de trouver une solution aux problèmes énumérés au tableau 1. L'utilisation d'un produit d'addition n'est qu'une solution possible; elle n'est peut-être pas la seule, ni même la meilleure.

La figure 2 présente un schéma des principales étapes constituant un programme de recherches. Les deux premières étapes qui y sont définies sont la délimitation du problème et la détermination des objectifs de la recherche. On pourrait penser que ces étapes sont trop évidentes pour qu'il y ait besoin de les mentionner; malheureusement, elles sont trop souvent escamotées.

6.2 Recommandations générales

La présente étude a montré que les données que nous possédons à l'heure actuelle concernant les produits d'addition et de remplacement pour bitumes routiers disponibles sur le marché ne renseignent nullement sur leur efficacité et leur rentabilité. Toutefois, elles permettent de croire que certains de ces produits sont aptes à résoudre plusieurs des problèmes que posent les revêtements bitumineux au Canada et méritent une recherche plus approfondie. C'est à la lumière de ces constatations que nous faisons les recommandations suivantes:

1. Les produits d'addition et de remplacement suivants méritent de faire l'objet au moins de recherches restreintes:

   a) les antioxydants,
   b) les activants,
   c) les polymères,
      i) caoutchouc vulcanisé
      ii) latex
      iii) polymères et caoutchoucs rigides
   d) les produits de régénération,
   e) le soufre.

   Le tableau 9 suggère un point de départ pour l'analyse de chacune de ces catégories de produits, ainsi que l'envergure que devrait prendre le programme de recherches.

2. Un énoncé des problèmes et un programme de recherches devraient être élaborés à partir des recommandations du tableau 9, et comprendre la détermination des objectifs de la recherche, la définition des essais à effectuer, l'établissement d'un calendrier, une estimation des coûts de la recherche, etc. Ce document pourrait être fait sur le modèle établi pour le programme national de recherche coopérative sur les routes des États-Unis (National Cooperative Highway Research Program). Il est recommandé qu'un projet de petite envergure soit subventionné par le Conseil de recherche coopérative de l'ARTC ou par le Conseil consultatif de la recherche et du développement des transports routiers (Transports Canada), dans le but de produire ce document, d'établir une liste de priorités, d'estimer les coûts et, peut-être,

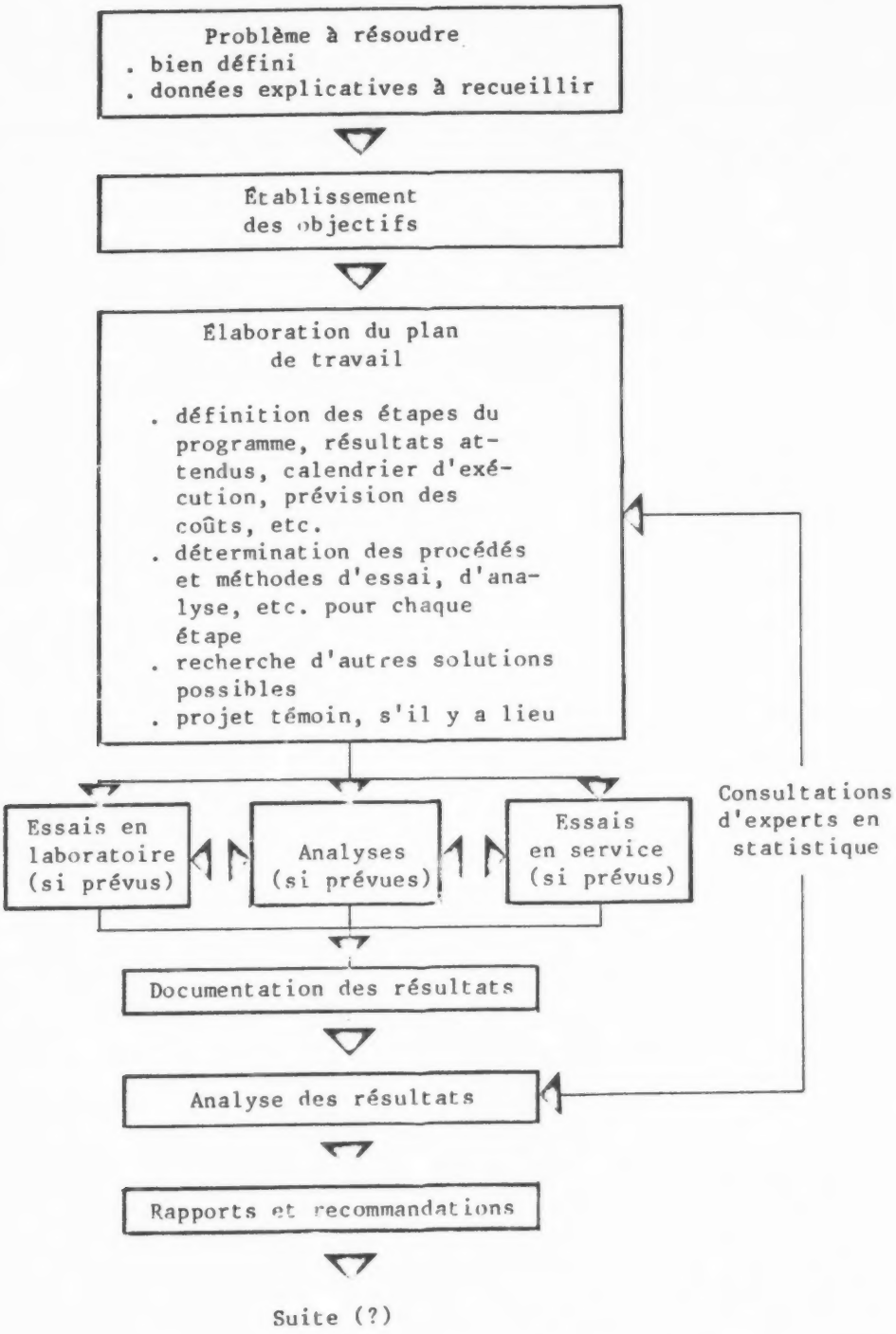
Problème à résoudre
. bien défini
. données explicatives à recueillir
Établissement des objectifs
Élaboration du plan de travail
. définition des étapes du programme, résultats attendus, calendrier d'exécution, prévision des coûts, etc.
. détermination des procédés et méthodes d'essai, d'analyse, etc. pour chaque étape
. recherche d'autres solutions possibles
. projet témoin, s'il y a lieu
Essais en laboratoire (si prévus)
Analyses (si prévues)
Essais en service (si prévus)
Consultations d'experts en statistique
Documentation des résultats
Analyse des résultats
Rapports et recommandations
Suite (?)

Figure 2 - Schéma des principales étapes d'un programme de recherche

de faire des recommandations quant à l'attribution des divers projets de recherche, soit à des organismes d'intérêt privé, soit à des organismes d'intérêt public, soit au deux.

Ces recommandations générales sont présentées en détail dans le premier document de référence.

7. CONCLUSION

L'étude que nous avons effectuée nous permet de tirer les conclusions générales suivantes.

1. Un bon nombre de problèmes concernant les revêtements bitumineux au Canada n'ont pas encore été résolus.

2. Plusieurs produits d'addition pour bitumes routiers semblent prometteurs comme moyen de résoudre les problèmes évoqués.

3. Il faudrait réaliser un programme de recherche assez considérable, comportant des essais sur le terrain, avant d'être en mesure d'évaluer l'efficacité et la rentabilité de ces produits.

TABLEAU 9

RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES QUANT À LA RECHERCHE À ENTREPRENDRE SUR LES PRODUITS D'ADDITION

Produits d'addition	Résultats attendus	Programme de recherches recommandé	Envergure du programme
Antioxydants	Diminuer le durcissement du liant	Les dialkyldithiocarbamates de plomb semblent prometteurs; recherches en laboratoire et, si les résultats le justifient, essais pilotes en service.	Plusieurs provinces qui coordonneraient leurs efforts et publieraient les résultats à l'échelle nationale.
Activants	Empêcher ou retarder le désenrobage des granulats	Produits prometteurs: les tensio-actifs, le naphténate de fer, la chaux hydratée et les silanes. Déterminer d'abord les méthodes d'essai les plus appropriées; effectuer ensuite une vaste recherche en laboratoire en changeant divers paramètres, puis des essais en service.	Le problème du désenrobage est relié aux matériaux et aux conditions de l'emplacement; il s'agit donc d'un problème régional. Nous recommandons toutefois un programme national de recherche, pour mettre au point des méthodes uniformes d'essai et d'évaluation.
Polymères a) Granulat de caoutchouc vulcanisé	Couches de scellement efficaces et résistantes; couches intermédiaires aptes à arrêter les fissures	Essais en service, en couches intermédiaires.	Plusieurs provinces et municipalités pourraient coordonner leurs efforts et publier les résultats à l'échelle nationale.

b) Latex	Couches de scellement efficaces et durables	Programme coordonnant essais en laboratoire et essais en service.	Quelques provinces et municipalités pourraient effectuer des essais pilotes en service et publier les résultats à l'échelle nationale.
c) Polymères rigides	Couches de scellement efficaces et durables	Essais en laboratoire pour déterminer les propriétés des revêtements en changeant certains éléments.	"
Produits de régénération	Bonne consistance du liant dans les enrobés recyclés à chaud	Vaste recherche en laboratoire pour déterminer les propriétés physiques et chimiques du liant ainsi que le coefficient d'élasticité et autres caractéristiques physiques des enrobés recyclés.	Échelle nationale; résultats communiqués à tous les organismes intéressés.
Soufre	i) remplacement d'une proportion du bitume; ii) formation d'ornières réduite; iii) fissuration due au froid réduite (avec un bitume mou); iv) diminution de l'épaisseur du revêtement (?)	Continuer à l'utiliser afin de vérifier le comportement en service à long terme.	Programme régional, à cause du prix courant du soufre. Toutefois, la conjoncture économique future justifiera peut-être l'emploi partout au Canada. Toutes les provinces pourraient en faire un emploi périodique restreint.

BIBLIOGRAPHIE

1. Haas, Ralph, Elaine Thompson, Frank Meyer et G.-Robert Tessier, Étude sur les produits d'addition et de remplacement pour les bitumes routiers, rapport soumis à l'ARTC par la société PMS, septembre 1982.

2. Field, F., Evaluation of Anti-Stripping Additives for Asphaltic Concrete Mixes: Effectiveness and Recommended Usage, Canadian Technical Asphalt Association, vol. 22, 1977.

3. Fromm, Harold J., The Mechanism of Asphalt Stripping from Aggregate Surfaces, Association of Asphalt Paving Techniques, 1974.

4. Comité spécial de l'Asphalt Institute, Design Techniques to Minimize Low-Temperature Asphalt Pavement Transverse Cracking, rapport n° 81-1, The Asphalt Institute, décembre 1981.

5. Haas, R.C.G., A Method for Designing Asphalt Pavements to Minimize Low-Temperature Shrinkage Cracking, rapport n° 73-1, The Asphalt Institute, 1973.

6. Meyer, Frank, E.T. Hignell, G.J.A. Kennepohl et Ralph Haas, Temperature Susceptibility Evaluation of Sulphur-Asphalt Mixes, AAPT, 1977.

7. Fromm, H.J., D.C. Bean et L.J. Miller, Sulphur-Asphalt Pavement: Performance and Recycling, AAPT, 1981.

8. Morris, Gene R., Joseph A. DiVito et Nan Jim Chen, Reflection Cracking Analysis of Asphalt Rubber Overlay on Rigid Pavement, rapport présenté à la AAPT, Kansas City, février 1982.

9. Meyer, Frank, G.-Robert Tessier, Ralph Haas et T.W. Kennedy, Étude du recyclage à chaud des enrobés bitumineux, rapport soumis à l'ARTC par la société PMS, septembre 1982.

Centre de développement
des transports
1000 o., rue Sherbrooke
Suite 2421
Montréal, Québec
H3A 2R3
Télex 05-24713

Transportation
Development Centre
1000 Sherbrooke St. W.
Suite 2421
Montreal, Quebec
H3A 2R3
Telex 05-24713

POOR

QUALITY

ORIGINAL